Environment Canada
Environnement Canada
e de la
tion de
nnement

National Inventory of Sources and Emissions of Phosphorus (1978)

Canada

Economic and Technical Review
Report EPS 3-EP-83-7

Environmental Protection Programs Directorate
December 1983

49 48 50

ENVIRONMENTAL PROTECTION SERVICE REPORT SERIES

Economic and Technical Review Reports relate to state-of-the-art reviews, library surveys, industrial inventories, and their associated recommendations where no experimental work is involved. These reports are undertaken either by an outside agency or by the staff of the Environmental Protection Service.

Other categories in the EPS series include such groups as Regulations, Codes, and Protocols; Policy and Planning; Technology Development; Surveillance; Training Manuals; Briefs and Submissions to Public Inquiries; and, Environmental Impact and Assessment.

Inquiries pertaining to Environmental Protection Service Reports should be directed to the Environmental Protection Service, Environment Canada, Ottawa, Ontario, Canada, K1A 1C8.

NATIONAL INVENTORY OF SOURCES AND EMISSIONS OF PHOSPHORUS (1978)

Program Management Branch
Environmental Protection Programs Directorate
Environmental Protection Service
Environment Canada

EPS 3-EP-83-7
December 1983

Notice

Any comments or questions concerning the contents of this report may be directed to:

Mr. Arthur Sheffield
Program Management Branch
Environmental Protection Service
Environment Canada
Ottawa, Ontario
K1A 1C8

© Minister of Supply and Services Canada 1983
Cat. No. En 48-3/83-7
ISBN 0-662-52824-7
BEAUREGARD PRESS LIMITED

ABSTRACT

Atmospheric emissions of phosphorus from various Canadian sources have been estimated for the year 1978. Because of its physical properties, phosphorus is never emitted in its elemental form. The compound form emitted (e.g., phosphates, oxides, phosphoric acid, phosphine (PH_3), etc.) is dependent upon the process. Little data exist as to what compounds are emitted by sector, but the information available is provided in the appropriate sections. All emissions are expressed as tonnes of phosphorus. The data presented in this report are summarized in Table 1.

Total phosphorus emissions to the atmosphere in 1978 were estimated at 3402 tonnes. The largest contributor to these emissions was the spreading of phosphate fertilizers which accounted for 23.0% of the total. Geographically, Alberta accounts for 26.8% of the phosphorus emissions, Quebec 18.8%, and Ontario a further 13.0%.

Wherever possible the most recent Canadian data were used in estimating emissions. These estimates will require modification as further data from Canadian sources become available.

TABLE I SUMMARY OF PHOSPHORUS EMISSIONS BY PROVINCE AND SECTOR, 1978 (TONNES)

Sector	Nfld.	P.E.I.	N.S.	N.B.	Que.	Ont.	Man.	Sask.	Alta.	B.C.	Yuk-NWT	Canada	% Total
I Industrial Processes													
Phosphoric Acid Production (Wet Process)	-	-	-	34	-	149	-	-	346	159	-	688	20.2
Phosphate Fertilizer Production	-	-	-	37	-	53	29	-	282	87	-	488	14.3
Phosphate Rock Processing	8	-	-	3	2	11	-	-	24	10	-	58	1.7
Elemental Phosphorus Production	282	-	-	-	400	-	-	-	-	-	-	682	20.0
Chemicals Industries	N	N	N	N	4	15	N	N	N	N	N	19	0.6
Primary Aluminum Production	-	-	-	-	22	-	-	-	-	8	-	30	0.9
Miscellaneous Industrial Sources	< 1	N	< 1	< 1	5	7	1	< 1	1	1	-	15	0.4
II Fuel Combustion/Stationary Sources													
Residential Fuel Combustion	1	< 1	2	1	8	10	< 1	< 1	2	2	N	26	0.8
Commercial Fuel Combustion	< 1	< 1	1	< 1	3	3	< 1	N	< 1	1	< 1	9	0.3
Industrial Fuel Combustion	< 1	N	3	1	14	11	2	1	1	3	< 1	37	1.1
Power Generation by Utilities	N	N	8	3	< 1	16	6	80	14	N	< 1	127	3.7
III Transportation													
Gasoline-Powered Motor Vehicles	N	N	N	N	< 1	1	N	N	< 1	< 1	N	2	0.1
Railroads	N	N	< 1	< 1	< 1	1	1	< 1	1	< 1	N	4	0.1
Marine	-	-	-	-	N	N	-	-	-	-	-	N	-
Diesel Powered Engines	< 1	N	< 1	< 1	2	3	< 1	1	1	1	< 1	9	0.3
Off-road Use of Gasoline	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	< 1	-
IV Solid Waste Incineration													
Municipal Refuse Inceration	-	-	-	-	34	23	6	1	-	1	-	65	1.9
Sewage Sludge Incineration	-	-	-	-	-	4	-	< 1	-	< 1	-	5	0.1
Industrial and Commercial Incineration	1	< 1	1	1	9	14	2	1	3	4	N	36	1.1
Wigwam Burners	N	N	< 1	< 1	3	1	< 1	< 1	1	11	N	17	0.5
V Miscellaneous													
Forest Fires	4	< 1	1	2	3	7	22	84	7	46	78	255	7.5
Slash Burning	1	N	1	3	10	6	1	1	2	22	N	47	1.4
Fertilizer Application	-	1	< 1	< 1	122	108	140	176	225	11	-	783	23.0
Total*	297	1	17	85	641	443	210	345	910	367	78	3402	
% of Total	8.7	< 0.1	0.5	2.5	18.8	13.0	6.2	10.1	26.8	10.8	2.3		100%

* Provincial totals do not sum to the Canada total because sectors with emissions of less than 1 tonne are not included.
N - Negligible.

TABLE OF CONTENTS

		Page
ABSTRACT		i
LIST OF FIGURES		iv
LIST OF TABLES		v
1	INTRODUCTION	1
1.1	Scope	1
1.2	Natural Occurrences	1
1.3	Properties and Uses	3
1.4	Phosphorus and Phosphate Processing	4
2	PHOSPHORUS EMISSIONS - SOURCES AND MAGNITUDE	5
2.1	Natural Emissions	5
2.2	Industrial Emissions	5
2.2.1	Phosphoric Acid Production (Wet Process)	5
2.2.2	Phosphate Fertilizer Production	6
2.2.3	Phosphate Rock Processing	9
2.2.4	Elemental Phosphorus Production	9
2.2.5	Chemical Industries	10
2.2.6	Primary Aluminum Production	10
2.2.7	Miscellaneous Industrial Sources	12
2.3	Emissions from Fuel Combustion - Stationary Sources	13
2.4	Emissions from Transportation Sources	14
2.5	Emissions from Solid Waste Incineration	16
2.5.1	Municipal Refuse Incineration	16
2.5.2	Sewage Sludge Incineration	16
2.5.3	Industrial and Commercial Incineration	17
2.5.4	Wigwam Burners	17
2.6	Emissions from Miscellaneous Sources	17
2.6.1	Forest Fires	17
2.6.2	Slash Burning	17
2.6.3	Structural Fires	17
2.6.4	Fertilizer Application	17
REFERENCES		19
BIBLIOGRAPHY		21

LIST OF FIGURES

Figure		Page
1	PHOSPHATE DEPOSITS IN CANADA (1978)	2
2	PROCESS FLOW SHEET OF WET PROCESS PHOSPHORIC ACID PRODUCTION	7
3	PROCESS FLOW SHEET OF AMMONIUM PHOSPHATE PRODUCTION	8
4	PROCESS FLOW SHEET OF ELEMENTAL PHOSPHORUS PRODUCTION	11

LIST OF TABLES

Table		Page
1	SUMMARY OF PHOSPHORUS EMISSIONS BY PROVINCE AND SECTOR, 1978	iii
2	PHYSICAL PROPERTIES OF ELEMENTAL PHOSPHORUS	3
3	PHOSPHORUS EMISSIONS FROM MISCELLANEOUS INDUSTRIAL SOURCES, 1978 (kg)	12
4	CONCENTRATIONS OF PHOSPHORUS BY FUEL TYPES	13
5	PHOSPHORUS EMISSION FACTORS, FUEL COMBUSTION	14
6	PHOSPHORUS EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION - STATIONARY SOURCES BY FUEL TYPE AND SECTOR, 1978 (tonnes)	14
7	PHOSPHORUS CONCENTRATIONS IN TRANSPORTATION FUELS	15
8	PHOSPHORUS EMISSIONS FROM TRANSPORTATION SOURCES, 1978	15

1 INTRODUCTION

1.1 Scope

This report is intended to identify and quantify sources of atmospheric emissions of phosphorus in Canada for 1978. A major part of the information was gathered through questionnaires. The remaining data were obtained from the literature, from data developed through previous inventory studies, from Statistics Canada publications and from contact with various trade associations and appropriate government agencies.

Wherever possible the most recent Canadian data have been used in estimating the emissions. The phosphorus emission estimates presented are the best approximations possible and give a good indication of the magnitude of emissions in Canada for the base year 1978.

Because of its physical properties, phosphorus is never emitted in its elemental form. The compound form emitted (e.g., phosphates, oxides, phosphoric acid, phosphine (PH_3), etc.) is dependent upon the process. Little data exist as to what compound(s) is emitted for each sector, but the information available is provided in the appropriate sections. All emissions are expressed as tonnes of phosphorus.

1.2 Natural Occurrences (1,2)

Phosphorus is found in phosphate rock, graded either on the basis of its P_2O_5 (phosphorus pentoxide) equivalent or its $Ca_3(PO_4)_2$ (tricalcium phosphate or bone phosphate of lime - TPL or BPL) content. For comparative purposes, 0.458 unit P_2O_5 equals 1.0 unit BPL, and one unit of P_2O_5 contains 43.6% phosphorus.

Although there are numerous occurrences of low-grade phosphate rock in Canada, there is no commercial production. Known Canadian deposits are limited and fall into three main categories: apatite deposits within Precambrian metamorphic rocks in eastern Ontario and southwestern Quebec; apatite deposits in some carbonate-alkaline complexes (carbonatites) in Quebec and in Ontario north of Lake Superior; and sedimentary phosphate rock deposits in the southern Rocky Mountains near Fernie, B.C. The locations of these deposits are shown in Figure 1. The crustal abundance of phosphorus is 0.10% (0.23% as P_2O_5).

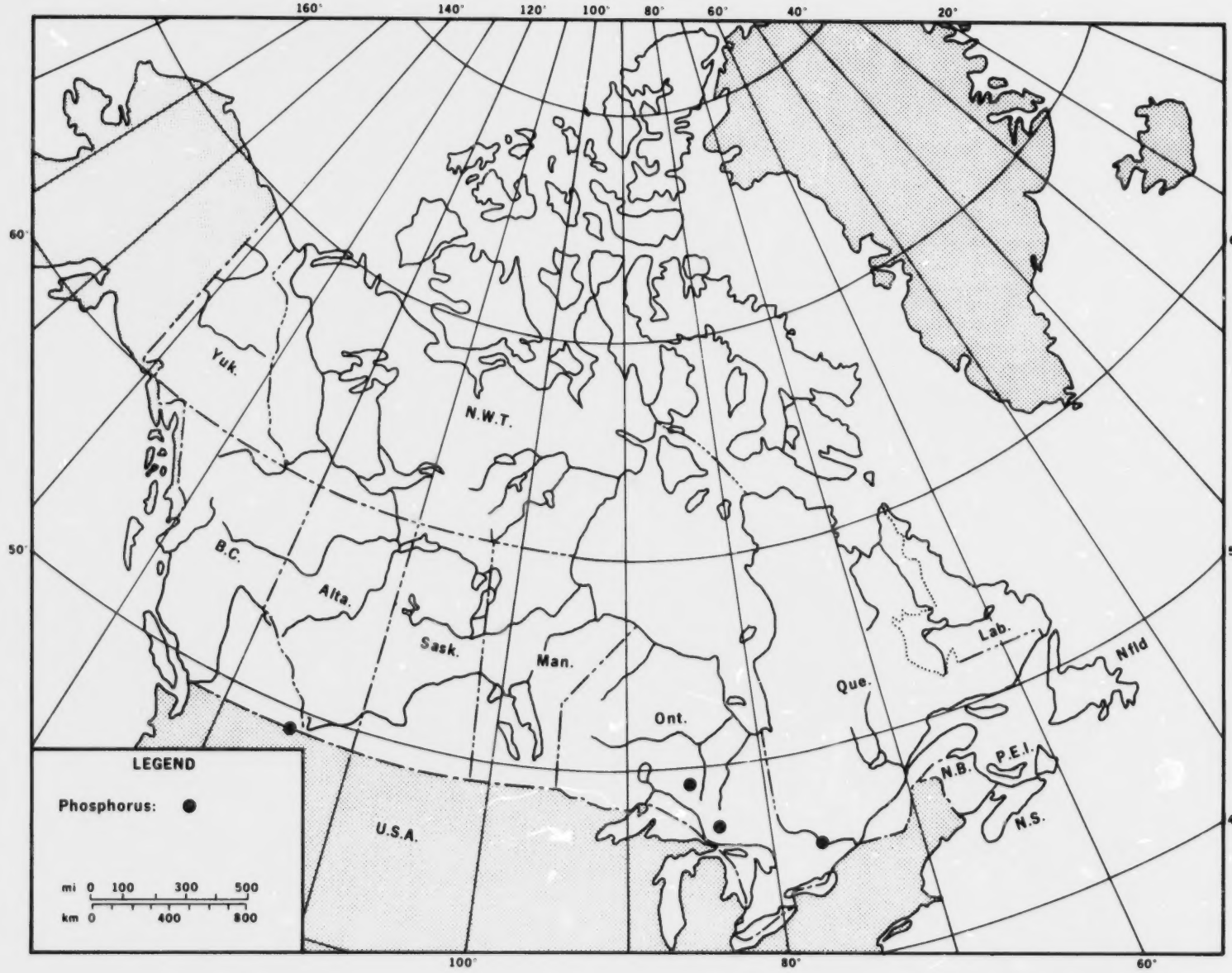


FIGURE 1 PHOSPHATE DEPOSITS IN CANADA (1978)

1.3 Properties and Uses (3,4,5)

Phosphorus is found in Group VA of the periodic table. It is generally regarded as non-metallic and can form many kinds of compounds due to its numerous oxidation states. Some examples are: phosphates (essential to metabolism), compounds that are extremely toxic (e.g., phosphine (PH_3)), halogenated and organophosphorus compounds (some pesticides). Its oxides react rather quickly with water vapour to form phosphoric acids.

There are three types of elemental phosphorus: yellow (white), red and black. Yellow phosphorus will ignite in air (ignition temperature 34°C) and is stored under water. It is extremely toxic. Red phosphorus (ignition temperature 260°C) is considered relatively harmless. Black phosphorus is an allotropic form that is synthesized and does not occur naturally. Some physical properties of elemental phosphorus are given in Table 2.

TABLE 2 PHYSICAL PROPERTIES OF ELEMENTAL PHOSPHORUS (4,5)

Atomic Number		15
Atomic Weight		30.97
Natural Isotope		32
Oxidation States		+5, +3, -3
Density	(g/cc)	1.82 (white) 2.20 (red)
Melting point	(°C)	44.1 (white)
Boiling point	(°C)	280 (white)
Specific heat	(cal/g)	0.18 (white)
Latent heat of vapourization (kg-cal/g-atom)		3

Phosphorus is essential to all plant and animal life. As a result, approximately 85% of the world's phosphorus consumption is for agriculture - largely fertilizers such as diammonium phosphate, triple superphosphate and normal superphosphate. Other uses include: organic and inorganic chemicals, animal food supplements, soaps and detergents, pesticides, alloys, ceramics, beverages, catalysts, photography, and dental and silicate cements. Phosphorus-containing additives (e.g., organophosphorus) are also used to reduce corrosion, resulting from the combustion of gasoline and aviation fuels.

1.4 Phosphorus and Phosphate Processing (1,2,6)

Elemental phosphorus is produced in Canada by the electric thermal reduction method which involves smelting phosphate rock with carbon (coke) and siliceous flux. Phosphorus is volatilized, condensed and collected under water. Co-products are ferro-phosphorus, carbon monoxide and calcium silicate slag. About 9 tonnes of phosphate rock grading 66-68% BPL are required to manufacture one tonne of phosphorus. Two plants in Canada operated by ERCO Industries Ltd. produce elemental phosphorus. One is located at Varrennes, Quebec, the other at Long Harbour, Newfoundland. The combined capacity of the two plants is about 90 500 tonnes per year.

Phosphate fertilizers are normally produced by decomposing phosphate rock with a strong mineral acid. In Canada, sulphuric acid and phosphoric acid are the two most common acidulants used.

To make normal superphosphate (18-22% P_2O_5), the rock is treated with sufficient acid to convert the tricalcium phosphate into water soluble monocalcium phosphate. The co-product, calcium sulphate, remains in the mixture. Normal raw material requirements to produce one tonne of superphosphate are 0.64 tonne of phosphate rock (70-72% BPL) and 0.36 tonne of sulphuric acid (100% basis). At plants where phosphoric acid is used to acidulate phosphate rock, the end product is triple superphosphate, normally grading 46% P_2O_5 equivalent.

To produce phosphoric acid, larger quantities of sulphuric acid are added to maintain a slurry that facilitates removal of calcium sulphate by filtering. Filtered acid containing 30-32% P_2O_5 equivalent (40-44% H_3PO_4) may be used either directly in the manufacture of phosphate fertilizers or concentrated by evaporation to as high as 54% P_2O_5 equivalent prior to further use or sale. Typical requirements for one tonne P_2O_5 equivalent produced are 3.1 tonnes of phosphate rock (74-75% BPL) and 2.6 tonnes of sulphuric acid (100% basis). For every tonne P_2O_5 equivalent produced, about 4.5 tonnes of waste calcium sulphate are generated. Most of the phosphoric acid is neutralized with ammonia to form ammonium phosphate fertilizers. Phosphoric acid is also defluorinated to produce dicalcium phosphate, an animal feed supplement.

In Canada, the majority of phosphate rock acidulation plants use sulphuric acid manufactured from elemental sulphur, although some use acid produced from SO_2 collected from smelter and metallurgical waste gases.

2 PHOSPHORUS EMISSIONS - SOURCES AND MAGNITUDE

2.1 Natural Emissions

The release of phosphorus into the environment as a result of weathering processes has been estimated using global averages of geologic parameters. Since Canada occupies about 6% of the world's land mass, the release of phosphorus due to natural weathering in Canada can be estimated at 6% of weathering mobilization (7,8). World weathering mobilization of phosphorus is estimated at 7.2×10^5 tonnes/yr. Therefore, the annual release of phosphorus due to natural weathering in Canada is estimated at 43 200 tonnes. However, only a small unknown fraction of this amount may eventually enter the atmosphere.

2.2 Industrial Emissions

Emissions have been estimated for industrial processes in selected sectors of the Canadian economy. These sectors were chosen because the nature of the activity indicated they were likely to emit phosphorus. As previously mentioned, emissions were estimated from questionnaire responses, from emission factors developed through these questionnaires or published in the literature, and from information obtained through private communications.

Fuel combustion emissions attributable to industrial processes were treated under the industrial fuel combustion sector of the fuel combustion/stationary sources category (see Section 2.3).

2.2.1 Phosphoric Acid Production (Wet Process)*. Phosphoric acid is one of the prime building blocks in the fertilizer industry. All of Canada's fertilizer grade phosphoric acid is manufactured by the wet process. Production of acid containing between 30 and 32% P_2O_5 equivalent may go directly into the manufacture of fertilizer materials and mixtures. It can also be concentrated by evaporation, up to 54% P_2O_5 equivalent, prior to further usage or sale as merchant acid (6).

To produce phosphoric acid, large quantities of sulphuric acid are added to the phosphate rock to carry out the reaction continuously in single multi-tank reactors. The considerable amount of heat generated is removed by blowing air over the hot slurry

---

* Phosphoric acid can also be produced by the thermal process but emissions are considered negligible (9).

surface or vacuum cooling part of the slurry and recycling it into the reactor to maintain fluidity. Completely reacted slurry is continuously drawn off, filtered and washed to remove waste gypsum (calcium sulphate precipitate). The principal reaction is:

$$\underset{\text{(tricalcium phosphate)}}{Ca_3(PO_4)_2} + \underset{\text{(sulphuric acid)}}{3H_2SO_4 + 6H_2O} \longrightarrow \underset{\text{(phosphoric acid)}}{2\,H_3PO_4} + \underset{\text{(calcium sulphate)}}{3CaSO_4 \cdot 2H_2O}$$

The reaction takes place very rapidly but a retention period of five to eight hours is necessary to allow for proper calcium sulphate crystal growth and separation.

The filtering systems used in the production of phosphoric acid are tilting-pan filters which have been most popular in recently built plants, and rotary drum vacuum filters with either internal or external baths. A typical flowsheet for wet process phosphoric acid production is presented in Figure 2.

Potential sources of atmospheric phosphorus emissions are the reactor (digester) and filter. A common scrubber is generally used to control emissions from the reactor and the filter. An average phosphorus emission factor of 1.16×10^{-3} tonne/tonne of phosphoric acid produced was used. Based on this emission factor and the production figures (8,10), as well as the emission estimates provided for British Columbia (11), phosphorus emissions were estimated at 688 tonnes in 1978. Emissions are mainly in the form of phosphoric acid (H_3PO_4), and calcium phosphate ($Ca_3(PO_4)_2$).

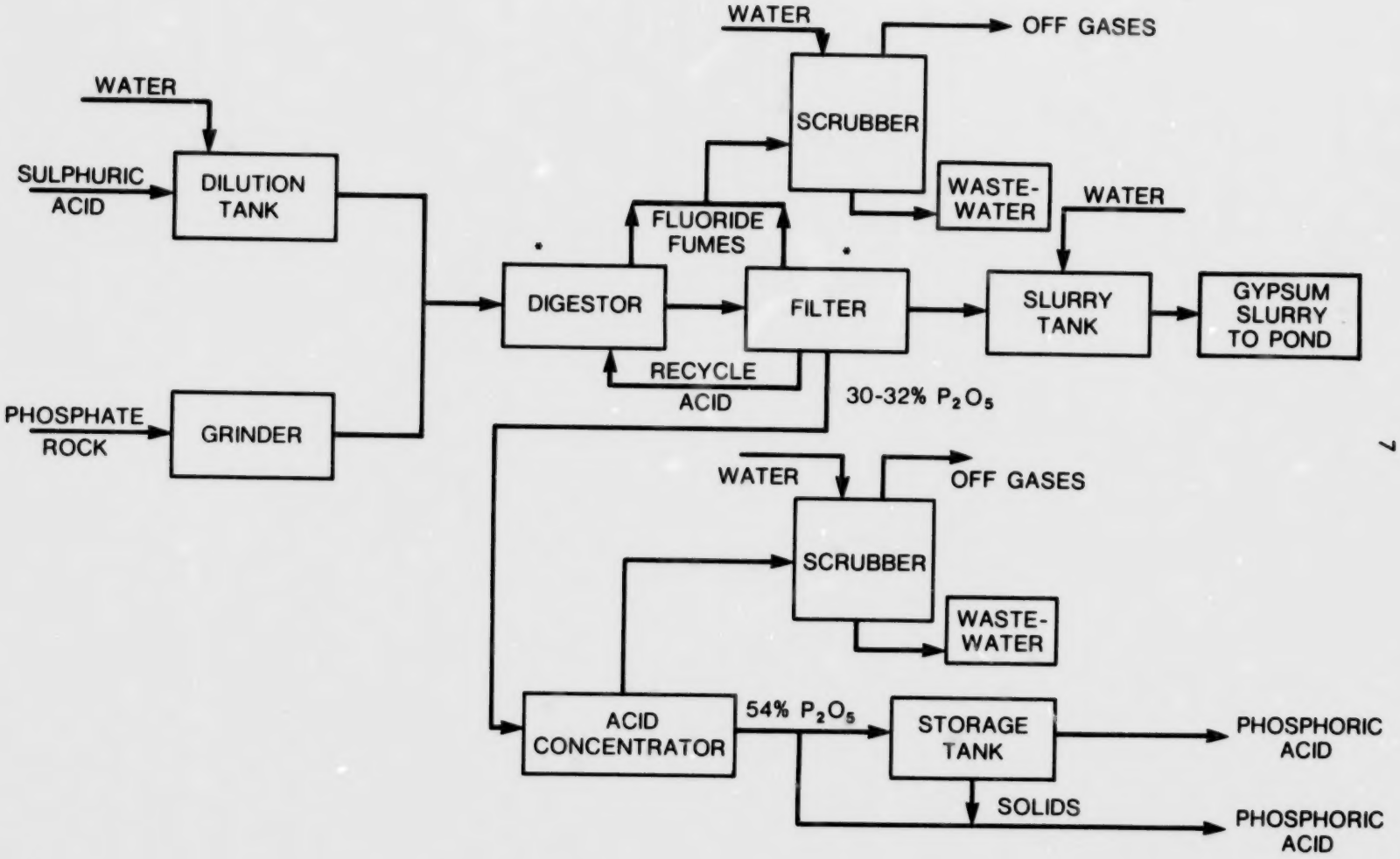
2.2.2 **Phosphate Fertilizer Production.** Phosphate fertilizers are produced by decomposing phosphate rock with a strong mineral acid.

Normal superphosphate (18-22% P_2O_5) is the product of acidulation of phosphate rock with sulphuric acid and involves three basic steps. Acid and phosphate rock are mixed, dropped into a curing den, held for sufficient time to allow the slurry to set into a solid porous form and stored to permit the acidulation to go to completion. After the curing period, the product is usually granulated and dried.

The production of triple superphosphate (44-52% P_2O_5) is similar to that of single superphosphate, the only difference being that phosphoric acid is used for acidulation.

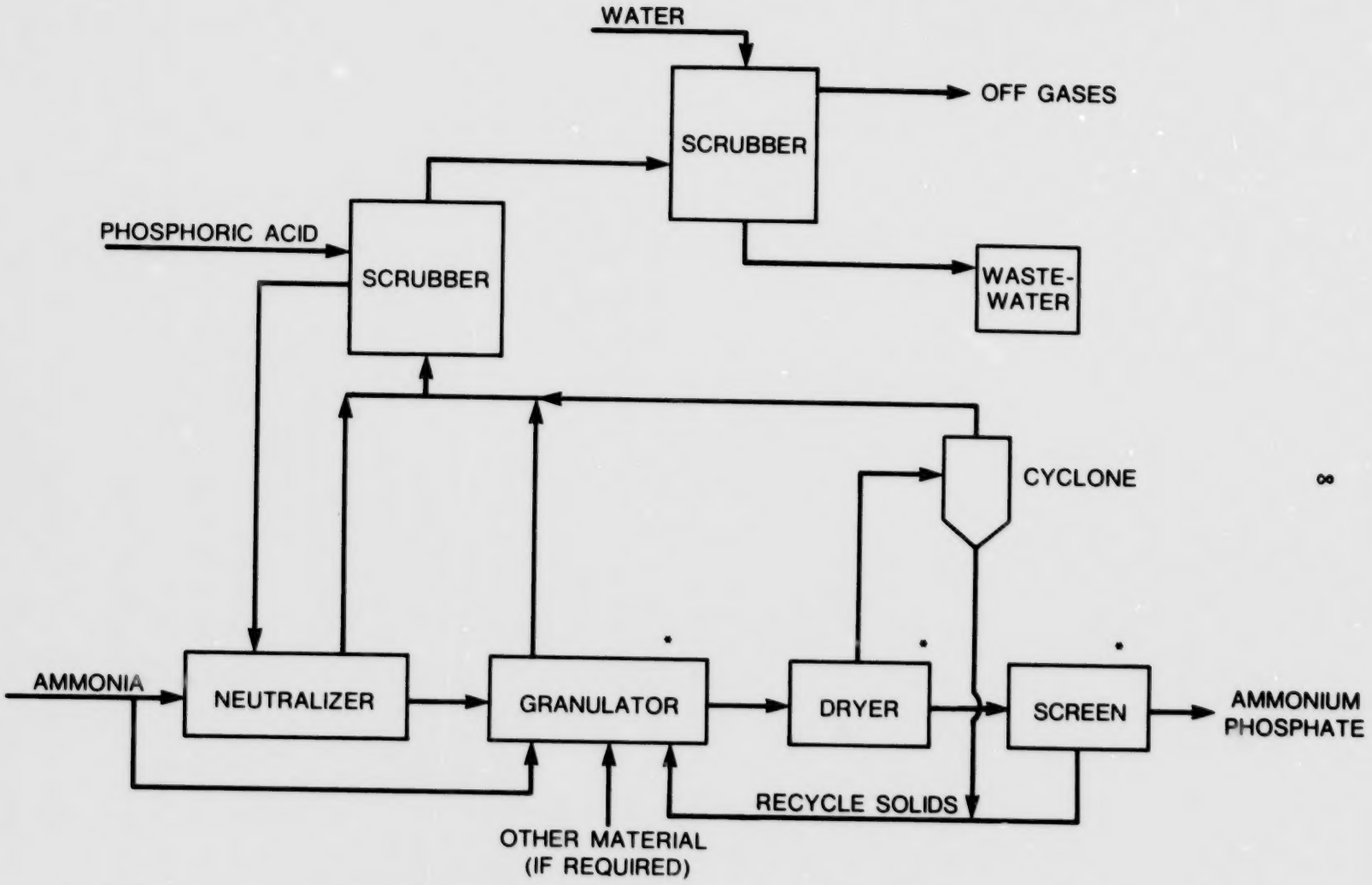
Ammonium phosphates are produced when phosphoric acid is reacted with ammonia under controlled conditions. The material is then dried and cooled prior to screening. A typical process flow sheet for ammonium phosphate production is shown in Figure 3.

The major sources of phosphorus emissions are the granulators, dryers, coolers and screens. Emissions originating from granulation, drying and cooling operations are



* Primary sources of phosphorus emissions

FIGURE 2 PROCESS FLOW SHEET OF WET PROCESS PHOSPHORIC ACID PRODUCTION (6)



• Primary sources of phosphorus emissions

FIGURE 3 PROCESS FLOW SHEET OF AMMONIUM PHOSPHATE PRODUCTION (6)

generally treated with wet scrubbers and baghouses with control efficiencies of 95 to 99% (6).

In phosphate fertilizer manufacture, the average controlled phosphorus emission factor derived was 0.30×10^{-3} tonne/tonne of ammonium phosphate produced (assumed also true for superphosphate since they have similar operations). Based on this emission factor and the production figure (10), phosphorus emissions from phosphate fertilizer manufacture were estimated at 488 tonnes in 1978. The actual forms of the emissions are as ammonium phosphate ($(NH_4)_3PO_4$), phosphoric acid and calcium phosphate.

2.2.3 **Phosphate Rock Processing.** Phosphate rock is utilized in the preparation of normal superphosphate, triple superphosphate, phosphoric acid and elemental phosphorus. Since all the phosphate rock used in Canada is imported, no emissions evolve from the mining of phosphate rock. Most fertilizer and elemental phosphorus plants grind the phosphate rock to a fine state so that it can react readily with the acid, resulting in significant quantities of fine rock dust.

After grinding, the phosphate rock is stored and transported to the reactor. The dust given off from grinding and material handling operations is generally well-controlled due to the value of the product and the necessity for good housekeeping. Baghouses with over 99% efficiency, usually preceded by a cyclone to remove the larger particles, are almost universally used.

The controlled phosphorus emission factor of 1.93×10^{-5} tonne/tonne of phosphate rock processed was developed from a particulate emission factor of 1.4×10^{-4} tonne/tonne of phosphate rock processed and an average phosphorus content of 13.8% in phosphate rock. Based on this emission factor and the production figures, phosphorus emissions were estimated at 58 tonnes in 1978, in the form of calcium phosphate, phosphorus pentoxide and phosphate rock dust.

2.2.4 **Elemental Phosphorus Production.** The production of elemental phosphorus involves two main operations: feed preparation and smelting of phosphate rock.

Phosphate rock is finely ground, wetted and pelletized. The pellets are fired in a kiln, cooled and stored. The other components of the furnace feed, coke and silica, undergo only cleaning and drying.

Elemental phosphorus is produced by smelting the pellets with coke and silica in an electric furnace. A slag of calcium silicate and ferrophosphorus is periodically tapped from the furnace. Phosphorus vapour is condensed and stored under water,

whereas carbon monoxide is either flared or used as a fuel in preparing the furnace charge. A typical process flow sheet for elemental phosphorus production is shown in Figure 4.

In the feed preparation area, the exhaust gas from the pelletizer plant is a source of particulate emissions. Emissions can also occur from the coke and silica dryers, from screening of coke and at transfer points, and from feed proportioning.

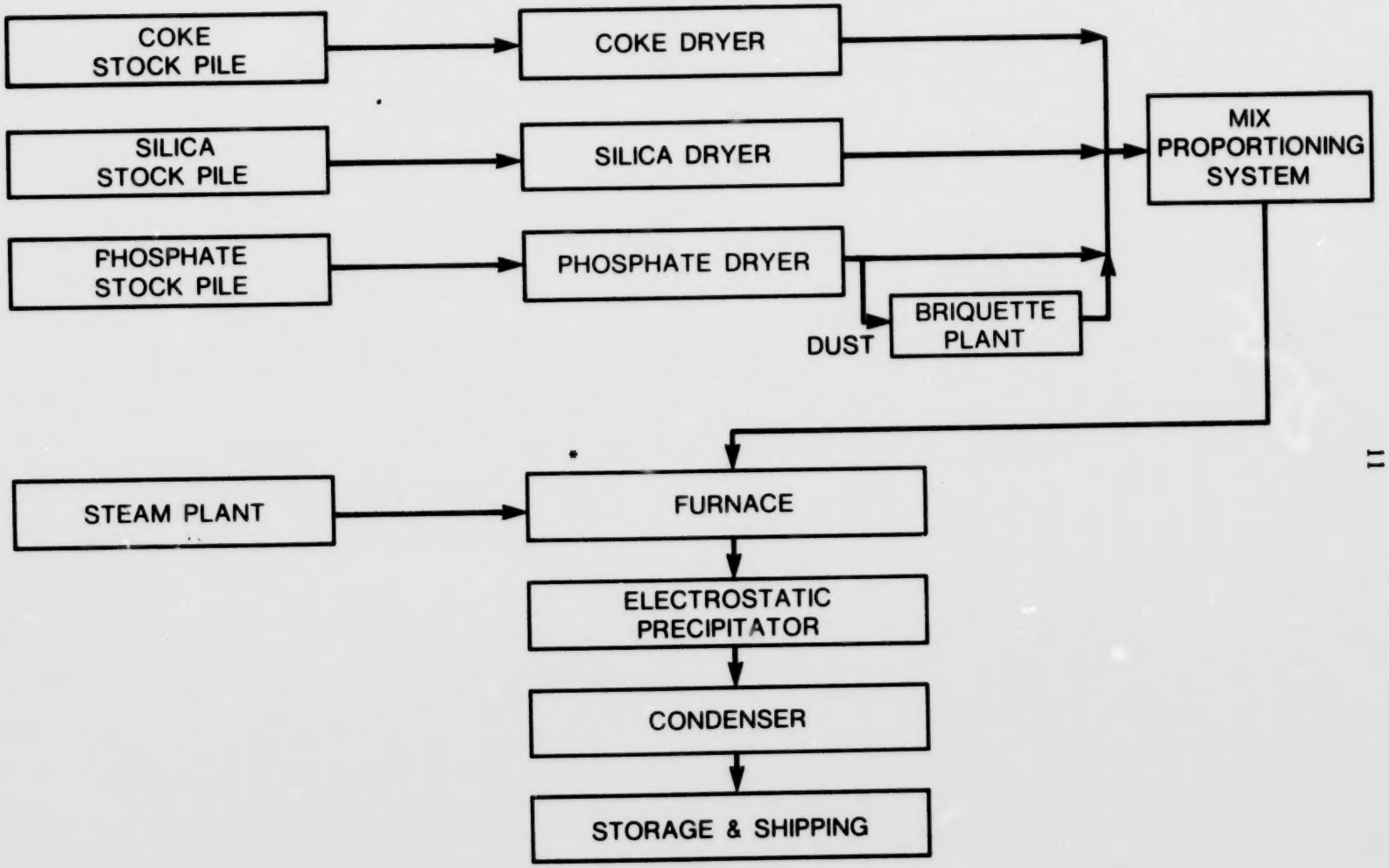
Both plants that produce elemental phosphorus in Canada (one of them pelletizes the phosphate rock for both plants) have air pollution control equipment. Silica/coke drying operations are controlled by cyclones, whereas emissions from the pellet plant are controlled by scrubbers and a baghouse.

The major source of phosphorus is the exhaust gases from the electric furnace. The gases, containing phosphorus vapour, carbon monoxide and dust, are passed through an electrostatic precipitator or scrubbed at one plant, while gases from the other plant are uncontrolled.

Phosphorus emission factors were derived for each of the two elemental phosphorus producers. Based on these emission factors and the production figures (2), total phosphorus emissions from elemental phosphorus production were estimated at 682 tonnes. Emissions are in the form of phosphorus pentoxide, calcium phosphate, and phosphoric acid.

2.2.5 Chemical Industries. This sector combines a wide variety of processes, raw materials and products. It includes the production of chlorinated hydrocarbons, carbon disulphide, fatty acid esters, polystyrene, explosives, insecticides, adhesives, polishes, etc. Where possible, emissions were obtained from the questionnaires. In the case of insufficient data, emissions were estimated based on the consumption of phosphorus compounds in the manufacture of these chemicals and allied industries (12), the known amount of phosphorus in each compound and an assumed particulate emission factor of 1×10^{-3} tonne/tonne of materials handled. Phosphorus emissions were estimated at 19 tonnes for 1976. As better information was not available, it was assumed that similar quantities of phosphorus were emitted in 1978.

2.2.6 Primary Aluminum Production. The production of aluminum occurs in two steps. Bauxite is treated by alkali digestion, precipitation, filtration and calcining to produce alumina, and fluorspar is treated to produce aluminum fluoride. The two are then electrolyzed to produce aluminum. An important source of emissions is the aluminum reduction cell. In addition, phosphorus emissions arise from the manufacture of carbon



* Primary sources of phosphorus emissions

FIGURE 4 PROCESS FLOW SHEET ELEMENTAL PHOSPHORUS PRODUCTION

electrodes in the calcining of coke. Based on questionnaire data, a controlled phosphorus emission factor of 28.7 x 10^{-6} tonne/tonne of aluminum produced was developed. Phosphorus emissions from primary aluminum production were estimated at 30 tonnes for 1978. Emissions are released as phosphorus pentoxide.

2.2.7 Miscellaneous Industrial Sources. A number of other industrial processes were investigated to estimate their contribution to total anthropogenic phosphorus emissions. These industrial sectors included: iron ore mining, milling and concentrating, uranium mining, metallurgical coke manufacturing, primary iron and steel production, ferro-alloys, ferrous foundries, non ferrous metal alloy castings industry, making of inorganic pigments, detergents and cleaners, and cement manufacturing.

It was found that these sectors accounted for minimal emissions of phosphorus. A summary of the phosphorus emissions from miscellaneous industrial sources is presented in Table 3.

TABLE 3 PHOSPHORUS EMISSIONS FROM MISCELLANEOUS INDUSTRIAL SOURCES, 1978 (kg)

Source	Emissions (kg)	
Iron Ore Mining, Milling and Concentrating	724	
Uranium Mining	70	
Metallurgical Coke Manufacturing	443	
Primary Iron and Steel Production	2 053	
Ferro-Alloys*	1 375	
Ferrous Foundries	2 411	
Non-Ferrous Metal Alloy Castings Industry	39	
Inorganic Pigments	1 726	
Detergents and Cleaners	5 600	
Cement Manufacturing	629	
Total	15 070	≈15 tonnes

* Crushing and packaging operations only.

2.3 Emissions from Fuel Combustion - Stationary Sources

Stationary fuel combustion sources are grouped in four categories: power generation, residential, commercial, and industrial. The main fuels used are gaseous (natural gas, propane and butane), diesel oils, light oils, heavy oils and coal. Of these, only the gaseous fuels do not contain phosphorus.

Quantities of fuels used for generating electric power, and fuels consumed for residential, commercial and industrial uses were obtained from a Statistics Canada publication (13).

Emissions were estimated based on the percentage composition of phosphorus in the fuels, and on the source of fuel. The content of phosphorus in the fuels used was derived from values reported in the literature (14, 15, 16, 17), in the questionnaires and in a PACE report (18). From these sources, assumptions were made to determine the most "representative" concentrations of phosphorus in the fuels. These are shown in Table 4.

TABLE 4 CONCENTRATIONS OF PHOSPHORUS BY FUEL TYPES

Fuel Type	Phosphorus Concentration (ppm)
Diesel Oil	2.64
Light Oil	2.64
Heavy Oil	0.002
Coal	70*

* A range of 10 ppm to 350 ppm was found, depending on type of coal.

Generally, the extent of emission control is assumed to be insignificant for oil combustion. For emissions from the combustion of coal, the control efficiency is estimated at 90% except in Ontario and Alberta where controls of greater than 99% were assumed. These emissions were corrected by an enrichment factor of 2.5 as reported in the questionnaire survey to account for the volatility of phosphorus. This value agrees quite well with literature values (14, 15, 16, 17). The emission factors given in Table 5 were used for emission calculations.

TABLE 5 PHOSPHORUS EMISSION FACTORS, FUEL COMBUSTION

Fuel Type	Emission Factor (10^{-6} tonne/tonne fuel)
Diesel Oil	2.64
Light Oil	2.64
Heavy Oil	0.002
Coal*	1.75 (Ontario and Alberta)
	17.5 (rest of Canada)

* Emission control efficiencies of 90% or 99%.

Based on fuel consumption data for 1978, phosphorus emissions from residential fuel combustion were 26 tonnes, from commercial fuel combustion 9 tonnes, from industrial fuel combustion 37 tonnes, and from power generation 127 tonnes. Total phosphorus emissions from the combustion of fuels in stationary sources amounted to 199 tonnes in 1978; a breakdown of these emissions by fuel types is provided in Table 6. These emissions were predominantly in the form of oxides (P_2O_3, P_2O_5, etc.), which may react with H_2O to form other phosphorus-containing compounds (e.g., H_3PO_4).

TABLE 6 PHOSPHORUS EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION - STATIONARY SOURCES BY FUEL TYPE AND SECTOR, 1978 (tonnes)

Fuel Type	Residential	Commercial	Industrial	Power	Total
Diesel Oil	-	1	6	< 1	7
Light Oil	24	8	3	< 1	35
Heavy Oil	N	N	N	N	N
Coal	2	-	28	127	157
Total	26	9	37	127	199

N Negligible

2.4 Emissions from Transportation Sources

The mobile sources considered in this sector were gasoline-powered motor vehicles, railroads, marine, aircraft, diesel-powered engines, and the off-road use of

gasoline. Fuel consumption data for these sources were obtained from various Statistics Canada publications (13, 19) as well as from internal unpublished data. Emissions were estimated based on the concentration of phosphorus in the fuels consumed. These were derived from an internal source from values reported in the literature (14, 15, 16, 20), from the questionnaires, and a PACE report (18). The most "representative" concentrations of phosphorus in the fuels are given in Table 7.

TABLE 7 PHOSPHORUS CONCENTRATIONS IN TRANSPORTATION FUELS

Fuel	Phosphorus Concentration (ppm)
Gasoline	0.07
Aviation Fuel	not detected
Diesel Oil	2.64
Light Oil	2.64
Heavy Oil	0.002

The emissions of phosphorus from mobile sources were estimated at 15 tonnes in 1978. These emissions may be in the form of organophosphorus or an oxide. A breakdown of these emissions by source is given in Table 8.

TABLE 8 PHOSPHORUS EMISSIONS FROM TRANSPORTATION SOURCES, 1978

Source	Phosphorus Emissions (tonnes)
Gasoline-Powered Motor Vehicles	2
Railroads	4
Marine	N
Aircraft	-
Diesel-Powered Engines	9
Off-Road Use of Gasoline	< 1
Total	15

N: Negligible.

2.5 Emissions from Solid Waste Incineration

2.5.1 Municipal Refuse Incineration. Municipal incinerators normally have capacities in excess of 50 tonnes/day and are usually equipped with automatic charging mechanisms and temperature controls. The most common type of municipal incinerator consists of a refractory-lined chamber with a grate upon which refuse is burned. It is usually batch-fed. In some newer incinerators, water-walled furnaces are used. Some pit incinerators are also in operation for disposal of municipal refuse.

Large quantities of uncombusted particulates are emitted after charging of batch-fed units. In continuously-fed units, furnace particulate emissions depend mainly upon the type of grate used. Phosphorus is usually found in particulate emissions from incinerators.

Particulate control on municipal incinerators varies widely. Water sprays (45% control), settling chambers or, in newer plants, electrostatic precipitators (95% control) are the most common types of air pollution control equipment used. Pit incinerators are largely uncontrolled.

With the exception of one plant which provided specific emission data for phosphorus, the phosphorus emissions from the remaining municipal incinerators surveyed were estimated using an uncontrolled phosphorus emission factor of 6.0×10^{-5} tonne/tonne of refuse burned (21). Total phosphorus emissions from municipal solid waste incineration were estimated at 65 tonnes for 1978, in the form of phosphates or oxides.

2.5.2 Sewage Sludge Incineration. Sewage sludge is a by-product of the sewage treatment process. Although a number of alternatives exist for the treatment and disposal of sludge, incineration was the disposal method used in six municipalities in Canada in 1978. The quantities of sewage sludge incinerated were obtained from internal sources.

In the incineration process, sludge is freed of moisture prior to combustion and heated to the ignition point. Air and auxiliary fuel may be required to support and maintain combustion. The residual inorganic ash is cooled and disposed of. Multiple-hearth furnaces were used at three incineration facilities, while the others employed fluidized bed incinerators.

By using a published controlled particulate emission factor (22) and a reported concentration of phosphorus in sewage sludge particulates (23), a controlled phosphorus emission factor of 75×10^{-6} tonnes/tonne of dry sludge was developed. Phosphorus emissions from sewage sludge incineration were estimated at 5 tonnes for 1978.

2.5.3 Industrial and Commercial Incineration. The quantities of refuse consumed by industrial/commercial incinerators were obtained from internal data. Based on an uncontrolled phosphorus emission factor of 6.0×10^{-5} tonne/tonne of refuse burned (21), phosphorus emissions from known industrial and commercial incinerators were estimated at 36 tonnes for 1978.

2.5.4 Wigwam Burners. The quantity of particulate emissions from wigwam burners was obtained from internal data. Limited Canadian data indicate that the concentration of phosphorus in the fly ash from wigwam burners is 550 ppm (24). Based on this information, phosphorus emissions from this source were estimated at 17 tonnes for 1978.

2.6 Emissions from Miscellaneous Sources

2.6.1 Forest Fires. The quantity of particulate emissions from forest fires was obtained from internal data. Due to the lack of better information, it was assumed that the concentration of phosphorus in the particulate emissions from forest fires was comparable to that in fly ash from wigwam burners, i.e., 550 ppm (24). Based on this assumption, phosphorus emissions from forest fires were estimated at 255 tonnes in 1978.

2.6.2 Slash Burning. The quantity of particulate emissions from slash burning was obtained from internal data. Assuming that the concentration of phosphorus in the particulate emissions from slash burning was comparable to that in fly ash from wigwam burners, i.e., 550 ppm (24), phosphorus emissions from slash burning were estimated at 47 tonnes for 1978.

2.6.3 Structural Fires. Structural fires may be a source of phosphorus emissions. However, data on the amount of paint, rubber. and vinyl plastics that may contain phosphorus compounds and be consumed in such fires were not available to estimate emissions.

2.6.4 Fertilizer Application. The use of fertilizers involves both handling the product, in bags or bulk quantities, and spreading it in the field. Sometimes liquid, but usually granulated fertilizers of different grades are used. Most of the granulated material is 1 to 4 mm in diameter. When the fertilizer is spread, many finer particles including those produced by abrasion enter the atmosphere.

Based on the reported consumption of phosphate fertilizers (25), and an assumed overall emission factor of 9.81×10^{-4} tonne phosphorus/tonne of fertilizer used for both handling operations and spreading (3), total phosphorus emissions from fertilizer

application were estimated at 783 tonnes in 1978, the majority of which came from spreading operations. Emissions are evolved as phosphates.

REFERENCES

1. Mineral Bulletin Mr 160: Phosphate. Mineral Policy Series (July, 1976), Department of Energy, Mines and Resources, Ottawa.

2. Barry, G.S., "Phosphate", Preprint (1978). Canadian Minerals Year Book. Department of Energy, Mines and Resources, Ottawa.

3. National Emissions Inventory of Sources and Emissions of Phosphorus. GCA Corporation for U.S. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards (May, 1973).

4. Metals Handbook, Vol. 1, 8th Edition (1964). American Society for Metals, Metals Park, Ohio.

5. Encyclopaedia of Chemical Technology - Vol. 15, 2nd Edition (1968). Edited by R.E. Kirk and D.F. Othmer. John Wiley and Sons, Inc., New York.

6. Environment Canada, "Air Pollution Emissions and Control Technology - Nitrogen and Phosphate Fertilizers Industries". APCD Internal Report (February 1980).

7. Bertine, K.K. and Goldberg, E.O., "Fossil Fuel Combustion and the Major Sedimentary Cycle", Science, page 233 ff (July 16, 1971).

8. Environment Canada, Air Pollution Control Directorate, "National Inventory of Sources and Emissions of Vanadium (1972)", Internal Report APCD 75-3 (Sept. 1975).

9. Environment Canada, Air Pollution Control Directorate, "A Nationwide Inventory of Emissions of Air Contaminants (1976)". Report EPS 3-AP-80-1, 1980.

10. Statistics Canada, "Specified Chemicals (Dec. 1978)", Publication No. 46-002.

11. Ministry of Environment of British Columbia.

12. Statistics Canada, "Miscellaneous Chemicals Industries, 1976", Publication No. 46-216.

13. Statistics Canada, "Quarterly Report on Energy Supply - Demand in Canada, 1978-IV", Publication No. 57-003.

14. Von Lehmden, D.J. et al., "Determination of Trace Elements in Coal, Fly Ash, Fuel Oil and Gasoline", Analytical Chemistry, 46(2), paper 239 ff (Feb. 1974).

15. United States Environmental Protection Agency, "Occurrence and Distribution of Potentially Volatile Trace Elements in Coal" EPS-650/2-74-054, (July 1974).

16. Lim, M.Y., "Trace Elements from Coal Combustion - Atmospheric Emissions" IEA Coal Research (May 1979).

17. Trace Elements in Coal: Occurrence and Distribution. Illinois State Geological Survey for EPA (June 1977).

18. Petroleum Association for Conservation of the Canadian Environment (PACE). "Determination of Trace Elements in Canadian Petroleum Feedstock and Products", PACE Report No. 77-5 (Aug. 1977).

19. Statistics Canada, "Road Motor Vehicles - Fuel Sales, 1978", Publication No. 53-218.

20. Fordyce, J.S. and Sherbley, D.W. "Estimate of Contribution of Jet Aircraft Operations to Trace Element Concentration at or near Imports", Journal of Air Pollution Control Association, 25 (7), page 721 ff (July 1975).

21. Funkhousen, J.T., et al., Manual Methods for Sampling and Analysis of Particulate Emissions from Municipal Incinerators, Arthur D. Little, Inc. (Sept. 1973).

22. Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Report AP-42 (March 1975), U.S. EPA Office of Air Quality Planning and Standards. Research Triangle Park, North Carolina.

23. Sewage Sludge Incinerator, U.S. EPA Task Force on Sewage Sludge Incineration (Aug. 1972).

24. "Trace metals in Fly Ash from Hog Fuel Fired Power Boilers", B.H. Levelton and Associates Ltd., Vancouver (November 1977).

25. National Retail Sales Report (1978-1979), Canadian Fertilizer Institute.

BIBLIOGRAPHY

Athanassiadis, Y., Preliminary Air Pollution Survey of Phosphorus and Its Compounds. A Literature Review. U.S. Dept. of Health, Education and Welfare (Oct. 1969).

Katari, V., et al., Trace Pollutant Emissions from the Processing of Non-Metallic Ores. U.S. EPA, Office of Research and Development (Nov. 1974).

Sittig, M., Phosphorus Compounds. Environmental Sources and Emissions Handbook. Environmental Technology Handbook, No. 2. Noyes Data Corporation (1975).

Stowasser, W.F., Phosphate Rock. Preprint (1975). U.S. Bureau of Mines.

Environnement Canada
Environment Canada

Service de la protection de l'environnement
Environmental Protection Service

Inventaire national des sources et des émissions de phosphore (1978)

Canada

Analyse économique et technique
Rapport SPE 3-EP-83-7

Direction générale des programmes de protection de l'environnement
Décembre 1983

SÉRIE DE RAPPORTS DU SERVICE DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Les rapports d'analyse économique et technique portent sur les revues de l'état des connaissances, les relèves de bibliothèques, les inventaires industriels ainsi que leurs recommandations connexes dans les cas où celles-ci n'impliquent aucune recherche expérimentale. Ces analyses sont entreprises, soit par un organisme extérieur, soit par le personnel du Service de la protection de l'environnement.

Les autres catégories de la série de rapports du S.P.E. comprennent les groupes suivants: règlements, codes et accords; politique et planification; développement technologique; surveillance; guides de formation; rapports et exposés à des enquêtes publiques et impacts environnementaux.

Les demandes relatives aux rapports du Service de la protection de l'environnement doivent être adressées au Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa, Ontario, K1A 1C8, Canada.

INVENTAIRE NATIONAL DES SOURCES ET DES ÉMISSIONS DE PHOSPHORE (1978)

Direction de la gestion des programmes
Direction générale des programmes de
protection de l'environnement
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada

SPE 3-EP-83-7
Décembre 1983

AVIS

Tout commentaire relatif au présent rapport doit être adressé à:

M. Arthur Sheffield
Direction de la gestion des programmes
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 1C8

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1983
N° de cat. En 48-3/83-7
ISBN 0-662-52824-7
IMPRIMERIE BEAUREGARD LIMITÉE

RÉSUMÉ

Les émissions de phosphore de diverses sources au Canada ont été quantifiées pour 1978. Du fait de ses propriétés physiques, le phosphore n'est jamais émis sous sa forme élémentaire, mais sous forme de composés: des phosphates, des oxydes, de l'acide phosphorique, de la phosphine (PH_3), etc., selon l'opération effectuée. Les quelques données que nous possédons sur les sortes de composés émis par les divers secteurs sont fournies dans la présente publication. Toutes les émissions de phosphore sont exprimées en tonnes métriques et un sommaire des données recueillies est présenté au tableau 1.

En 1978, on a estimé à 3 402 tonnes le total des émissions de phosphore dans l'atmosphère, et 23 p. 100 de ce total est attribuable à la pulvérisation de fertilisants phosphatés. Du point de vue géographique, il ressort que 26,8 p. 100 des émissions de phosphore proviennent de l'Alberta, 18,8 p. 100 du Québec et 13,0 p. 100 de l'Ontario.

Dans la mesure du possible, on a évalué les émissions en utilisant les données canadiennes les plus récentes, mais ces estimations devront être rectifiées lorsqu'on aura connaissance de nouvelles données sur les sources au Canada.

TABLEAU 1 RÉPARTITION DES ÉMISSIONS DE PHOSPHORE EN 1978 PAR PROVINCE ET PAR SECTEUR (EN TONNES)

Secteur		T.-N.	Î.-P.-É.	N.-É.	N.-B.	Qué.	Ont.	Man.	Sask.	Alb.	C.-B.	Yukon T.N.-O.	CANADA	% du total
I	Procédés industriels													
	Fabrication de l'acide phosphorique (voie humide)	-	-	-	34	-	149	-	-	346	159	-	688	20,2
	Fabrication des engrais phosphatés	-	-	-	37	-	53	29	-	282	87	-	488	14,3
	Traitement des roches phosphatées	8	-	-	3	2	11	-	-	24	10	-	58	1,7
	Préparation du phosphore élémentaire	282	-	-	-	400	-	-	-	-	-	-	682	20,0
	Industrie chimique	N	N	N	N	4	15	N	N	N	N	N	19	0,6
	Aluminium de première fusion	-	-	-	-	22	-	-	-	-	8	-	30	0,9
	Sources industrielles diverses	< 1	N	<1	<1	5	7	1	< 1	1	1	-	15	0,4
II	Émissions dues à la combustion à des - Sources fixes													
	Usage domestique	1	<1	2	1	8	10	< 1	< 1	2	2	N	26	0,8
	Usage commercial	< 1	<1	1	<1	3	3	< 1	N	< 1	1	<1	9	0,3
	Usage industriel	< 1	N	3	1	14	11	2	1	1	3	<1	37	1,1
	Production d'énergie par les services publics	N	N	8	3	< 1	16	6	80	14	N	<1	127	3,7
III	Moyens de transport													
	Véhicules mus par un moteur à essence	N	N	N	N	< 1	1	N	N	< 1	< 1	N	2	0,1
	Chemins de fer	N	N	<1	<1	< 1	1	1	< 1	1	< 1	N	4	0,1
	Transport par eau	-	-	-	-	N	N	-	-	-	-	-	N	-
	Véhicules mus par un moteur Diesel	< 1	N	<1	<1	2	3	< 1	1	1	1	<1	9	0,3
	Usage non routier de l'essence	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	< 1	-
IV	Incinération des déchets solides													
	Incinération des déchets urbains	-	-	-	-	34	23	6	1	-	1	-	65	1,9
	Incinération des boues résiduaires	-	-	-	-	-	4	-	< 1	-	< 1	-	5	0,1
	Incinération industrielle et commerciale	1	<1	1	1	9	14	2	1	3	4	N	36	1,1
	Brûleurs coniques	N	N	<1	<1	3	1	< 1	< 1	1	11	N	17	0,5
V	Sources diverses													
	Feux de forêt	4	<1	1	2	3	7	22	84	7	46	78	255	7,5
	Brûlage des rémanents	1	N	1	3	10	6	1	1	2	22	N	47	1,4
	Épandade des engrais	-	1	<1	<1	122	108	140	176	225	11	-	783	23,0
	Total	297	1	17	85	641	443	210	345	910	367	78	3 402	
	% du total	8,7	<0,1	0,5	2,5	18,8	13,0	6,2	10,1	26,8	10,8	2,3		100%

* La somme des résultats de toutes les provinces ne donne pas le même chiffre que le total pour le Canada tout entier parce que les émissions de moins d'une tonne n'ont pas été incluses.

TABLE DES MATIÈRES

		Page
RÉSUMÉ		i
LISTE DES FIGURES		iv
LISTE DES TABLEAUX		v
1	INTRODUCTION	1
1.1	Objet	1
1.2	Le phosphore à l'état naturel	1
1.3	Propriétés et usages	1
1.4	Préparation du phosphore et des phosphates	4
2	SOURCES ET INTENSITÉ DES ÉMISSIONS DE PHOSPHORE	6
2.1	Émissions naturelles	6
2.2	Émissions industrielles	6
2.2.1	Fabrication de l'acide phosphorique (voie humide)	6
2.2.2	Fabrication des engrais phosphatés	7
2.2.3	Transformation des roches phosphatées	10
2.2.4	Préparation du phosphore élémentaire	10
2.2.5	Industrie chimique	11
2.2.6	Aluminium de première fusion	13
2.2.7	Sources industrielles diverses	13
2.3	Émissions dues à la combustion - Sources fixes	14
2.4	Émissions dues aux moyens de transport	15
2.5	Émissions dues à l'incinération des déchets solides	16
2.5.1	Incinération des déchets urbains	16
2.5.2	Incinération des boues résiduaires	17
2.5.3	Incinération industrielle et commerciale	18
2.5.4	Les brûleurs coniques	18
2.6	Émissions provenant des sources diverses	18
2.6.1	Feux de forêt	18
2.6.2	Brûlage des rémanents	18
2.6.3	Incendies	18
2.6.4	Épandage des engrais	18
RÉFÉRENCES		20
BIBLIOGRAPHIE		22

LISTE DES FIGURES

Figure		Page
1	DÉPÔTS DE MINÉRAUX PHOSPHATÉS AU CANADA (1978)	2
2	SCHÉMA DE LA FABRICATION DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE PAR VOIE HUMIDE	8
3	SCHÉMA DE LA FABRICATION DU PHOSPHATE D'AMMONIUM	9
4	SCHÉMA DE LA PRODUCTION DE PHOSPHORE ÉLÉMENTAIRE	12

LISTE DES TABLEAUX

Tableau		Page
1	RÉPARTITION DES ÉMISSIONS DE PHOSPHORE EN 1978 PAR PROVINCE ET PAR SECTEUR	ii
2	PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DU PHOSPHORE ÉLÉMENTAIRE	3
3	ÉMISSIONS DE PHOSPHORE PROVENANT DES DIVERSES SOURCES INDUSTRIELLES EN 1978	13
4	TENEUR EN PHOSPHORE DES COMBUSTIBLES	14
5	FACTEURS D'ÉMISSION DE PHOSPHORE POUR LES COMBUSTIBLES	15
6	ÉMISSIONS DE PHOSPHORE DUES À LA COMBUSTION (SOURCES FIXES), SELON LE TYPE DE COMBUSTIBLE ET LE DOMAINE D'UTILISATION EN 1978	15
7	TENEUR EN PHOSPHORE DES COMBUSTIBLES SERVANT AU TRANSPORT	16
8	ÉMISSIONS DE PHOSPHORE DUES AUX MOYENS DE TRANSPORT EN 1978	17

1 INTRODUCTION

1.1 Object

Le présent rapport a pour but d'énumérer les sources d'émissions atmosphériques de phosphore au Canada en 1978 et de présenter des données quantitatives pour chacune d'elles. Les renseignements contenus dans ce rapport proviennent en grande partie de réponses à des questionnaires. Pour le reste, on a consulté les publications, y compris celles de Statistique Canada, on a utilisé les résultats d'inventaires antérieurs et fait appel à diverses associations professionnelles, ainsi qu'aux organismes gouvernementaux concernés.

Les émissions de phosphore, ont été estimées à l'aide des données les plus récentes recueillies au Canada, afin d'obtenir des chiffres aussi exacts que possible et ils donnent une idée assez précise de l'importance des émissions au Canada pour l'année 1978.

1.2 Le phosphore à l'état naturel (1,2)

On trouve le phosphore dans les roches phosphatées dont on calcule la teneur selon leur équivalent en P_2O_5 (anhydride phosphorique) ou d'après leur teneur en $Ca_3(PO_4)_2$ (phosphate tricalcique ou phosphate de chaux). Notons que 0,458 unité de P_2O_5 équivaut à 1,0 unité de phosphate de chaux, et que le P_2O_5 contient 43,6 p. 100 de phosphore.

Les roches phosphatées à faible teneur en phosphore sont très répandues au Canada mais on n'en fait pas l'exploitation industrielle. Les gisements connus sont limités et entrent sous trois catégories principales: les gisements d'apatite contenus dans les roches métamorphiques précambriennes de l'est de l'Ontario et du sud-ouest du Québec; les gisements d'apatite de quelques complexes de roches alcalines carbonatées (carbonatite) au Québec et en Ontario au nord du lac Supérieur, et les gisements de roches phosphatées sédimentaires de la partie méridionale des montagnes Rocheuses près de Fernie, en Colombie-Britannique. Les emplacements de ces gisements sont indiqués à la figure 1.

La croûte terrestre contient 0,10 p. 100 de phosphore (0,23 p. 100 exprimé en P_2O_5).

1.3 Propriétés et usages (3,4,5)

Le phosphore est l'un des éléments du groupe VA du tableau périodique. On le considère généralement comme étant non métallique et, grâce à ses nombreux états

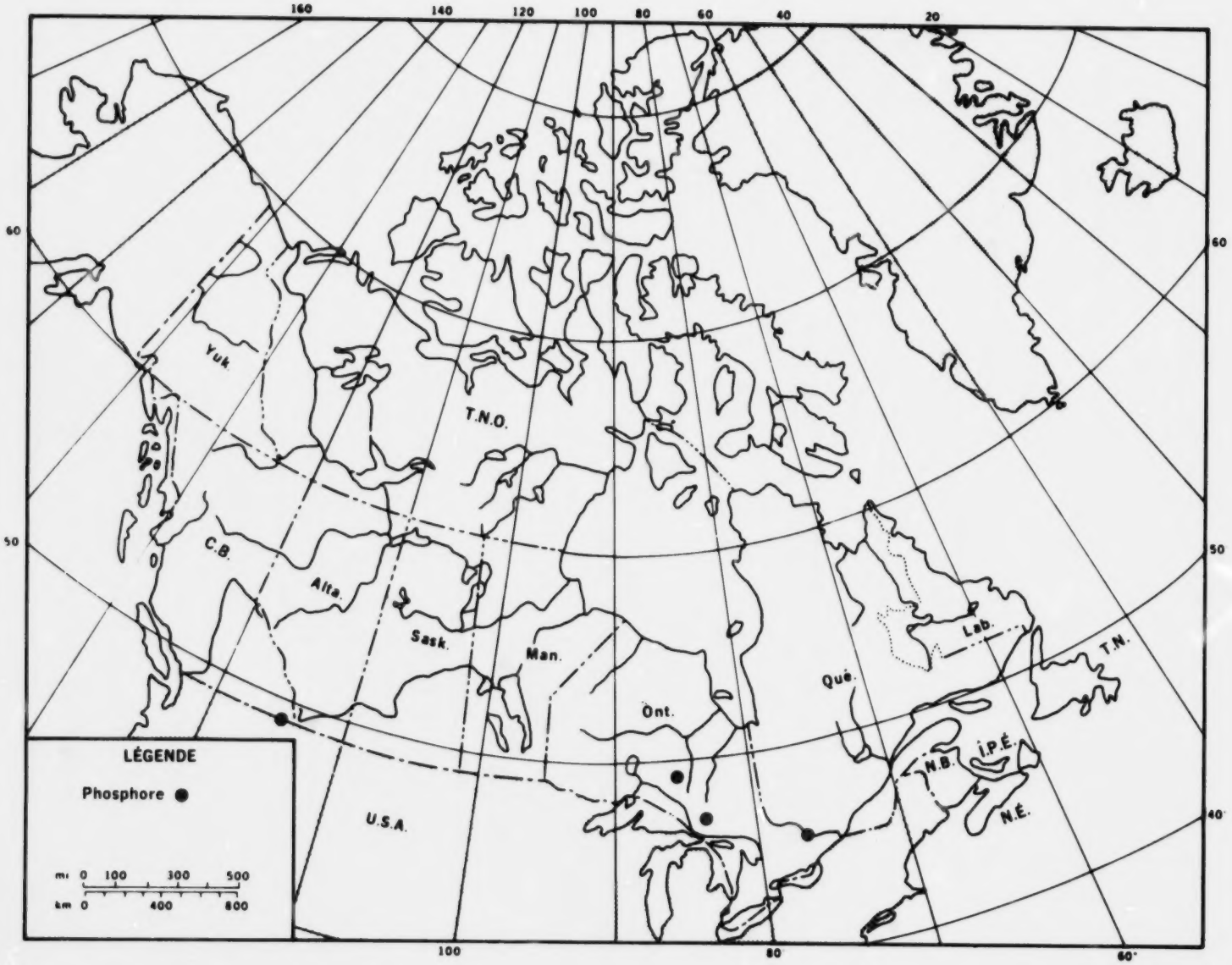


FIGURE 1 DÉPÔTS DE MINÉRAUX PHOSPHATÉS AU CANADA (1978)

d'oxydation, il peut former beaucoup de composés dont les phosphates (essentiels au métabolisme), les composés organophosphorés et certains composés halogénés (quelques-uns sont utilisés comme pesticides) ainsi que certains composés extrêmement toxiques (la phosphine, ou PH_3, par exemple). Ses oxydes réagissent assez rapidement avec la vapeur d'eau pour donner de l'acide phosphorique.

À l'état élémentaire, le phosphore se présente sous trois variétés: jaune (blanc), rouge et noir. Le phosphore jaune s'enflamme à l'air (température d'inflammation: 34°C) et on le conserve sous l'eau; il est très toxique. Le phosphore rouge (température d'inflammation: 260°C) est relativement inoffensif, et le phosphore noir est une forme allotropique que l'on peut préparer mais qui n'existe pas dans la nature. Quelques-unes des propriétés physiques du phosphore sont énumérées au tableau 2.

TABLEAU 2 PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DU PHOSPHORE ÉLÉMENTAIRE (4,5)

Nombre atomique	15
Masse atomique	30,97
Isotope naturel	31
États d'oxydation	+5,+3,-3
Densité (g/cc)	1,82 (blanc) 2,20 (rouge)
Point de fusion (°C)	44,1 (blanc)
Point d'ébullition (°C)	280 (blanc)
Chaleur spécifique (cal/g)	0,18 (blanc)
Chaleur latente de vaporisation (kg-cal/atome-gramme)	3

Le phosphore est essentiel à la vie végétale et animale. Pour cette raison, environ 85 p. 100 de la production mondiale de phosphore est consacrée à des fins agricoles, surtout comme engrais: phosphate biammonique, superphosphates simple et triple. Le phosphore entre aussi dans la fabrication des produits chimiques organiques et inorganiques, des savons et détergents, des pesticides et insecticides, des alliages, de la céramique, des boissons, des suppléments alimentaires pour animaux, des catalystes, des ciments dentaires et des ciments à base de silicates; on l'emploie également en photographie. Pour atténuer la corrosion résultant de la combustion de l'essence à moteur et des carburants d'aviation, on utilise des additifs contenant du phosphore (p. ex., des composés organophosphorés).

1.4 Préparation du phosphore et des phosphates (1,2,6)

Au canada, on obtient le phosphore élémentaire par fusion en milieu réducteur (coke) au four électrique de la roche phosphatée en présence d'un fondant (silice). Le phosphore se volatise, on le condense puis on le recueille sous l'eau. Les sous-produits sont le ferro-phosphore, le monoxyde de carbone ainsi qu'une scorie de silicate de calcium. Il faut environ 9 tonnes de roche phosphatée dont la teneur en phosphate de chaux est comprise entre 66 et 68 p. 100 pour obtenir une tonne de phosphore. Erco Industries Ltd. possède au Canada deux usines de phosphore, l'une à Varennes, au Québec, et l'autre à Long Harbour, à Terre-Neuve. La capacité de production de ces deux usines réunies est d'à peu près 90 500 tonnes par année.

La méthode normale d'obtention des engrais phosphatés consiste à décomposer les roches phosphatées à l'aide d'un acide minéral fort. Au Canada, les deux acides le plus communément utilisés sont, l'acide sulfurique et l'acide phosphorique.

Pour fabriquer le superphosphate simple (18 à 22 p. 100 de P_2O_5), on traite la roche par une quantité d'acide suffisante pour convertir le phosphate tricalcique en phosphate monocalcique soluble dans l'eau. Le sulfate de calcium produit au cours de la réaction reste dans le mélange. Pour obtenir une tonne de superphosphate dont la teneur en phosphore équivaut à 20 p. 100 en P_2O_5, il faut 0,64 tonne de roche d'une teneur de 70 à 72 p. 100 en phosphate de chaux et 0,47 tonne d'acide sulfurique à 100 p. 100. Dans quelques usines, on emploie l'acide phosphorique pour acidifier la roche, et l'on obtient alors un superphosphate triple dont la teneur équivalente en P_2O_5 est ordinairement de 46 p. 100.

Pour préparer de l'acide phosphorique, on utilise de plus grandes quantités d'acide sulfurique afin d'obtenir une suspension qui facilite la séparation du sulfate de calcium par filtration. L'acide ainsi filtré contient de 30 à 32 p. 100 de P_2O_5. Il peut être directement utilisé pour la fabrication d'engrais phosphatés, ou encore concentré jusqu'à 54 p. 100 en P_2O_5 pour être mis en marché ou servir à d'autres usages. La fabrication d'une tonne d'équivalent en P_2O_5 requiert normalement 3,1 tonnes de roche phosphatée contenant entre 74 et 75 p. 100 de phosphate de chaux et 2,6 tonnes d'acide sulfurique à 100 p. 100; il se forme 4,5 tonnes de sulfate de calcium. On neutralise ensuite la majeure partie de l'acide à l'ammoniaque, ce qui donne un engrais au phosphate ammoniacal. Pour préparer le phosphate dicalcique, que l'on ajoute à la nourriture des animaux, il faut aussi éliminer le fluor présent dans l'acide phosphorique.

La majorité des usines canadiennes emploient de l'acide sulfurique préparé à partir du soufre élémentaire pour acidifier les roches phosphatés, mais certaines utilisent le SO_2 récupéré des gaz de fonderies et d'installations métallurgiques pour fabriquer leur acide.

2 SOURCES ET IMPORTANCE DES ÉMISSIONS DE PHOSPHORE

2.1 Émissions naturelles

À l'aide des données géologiques et de moyennes globales, on a pu calculer de façon approximative la quantité de phosphore répandue dans l'environnement par suite des phénomènes naturels. Étant donné que le Canada occupe environ 6 p. 100 des terres au monde, la quantité de phosphore répandue dans l'environnement canadien représente 6 p.100 de la quantité mondiale (7,8), et comme cette quantité est d'à peu près 72×10^5 g par année, il s'ensuit que la quantité de phosphore répandue au Canada par suite des phénomènes naturels est d'environ 43 200 tonnes. Toutefois, seulement une petite quantité non déterminée de phosphore parviendra finalement à pénétrer dans l'atmosphère.

2.2 Émissions industrielles

Pour faire une estimation des émissions industrielles certains secteurs de l'économie canadienne ont été choisis parce que la nature de l'activité de ces secteurs laissait supposer qu'elles donnaient probablement lieu à des émissions de phosphore.

Tel que mentionné plus haut, cette estimation a été faite à partir de réponses à des questionnaires, des facteurs d'émission établis à l'aide de ces réponses ou cités dans les publications et de renseignements obtenus à titre personnel.

Quant aux émissions résultant de l'utilisation industrielle des combustibles, on en traite à la section 2.3 (Émissions dues à la combustion - Sources fixes).

2.2.1 Fabrication de l'acide phosphorique (Voie humide).* L'acide phosphorique est une des matières premières indispensables à l'industrie des engrais. Au Canada, l'acide phosphorique qui sert à la fabrication des engrais est préparé uniquement par voie humide. Cet acide, qui contient entre 30 et 32 p. 100 d'équivalent en P_2O_5 peut être utilisé tel quel pour la fabrication d'engrais et de mélanges, ou encore il peut être concentré jusqu'à 54 p. 100 pour être mis en marché ou servir à d'autres usages (6).

La méthode de fabrication consiste à ajouter, dans des réacteurs identiques montés en série, de grandes quantités d'acide sulfurique à la roche phosphatée de façon à obtenir une réaction continue. Pour dissiper la chaleur considérable qui se dégage, on souffle de l'air au dessus de la suspension chaude ou on refroidit par le vide une partie de

---

* On peut aussi employer le procédé thermique, mais la quantité de phosphore qui se dégage est jugée négligeable (g).

cette suspension qu'on filtre et retourne au réacteur pour garder le mélange fluide. On vidange continuellement la suspension contenant les produits finals de la réaction que l'on filtre et lave pour éliminer le gypse (précipité de sulfate de calcium). La réaction principale est la suivante:

$$\underset{\text{(phosphate tricalcique)}}{Ca_3(PO_4)_2} + \underset{\text{(acide sulfurique)}}{3H_2SO_4} + 6H_2O \longrightarrow \underset{\text{(acide phosphorique)}}{2H_3PO_4} + \underset{\text{(sulfate de calcium)}}{3CaSO_4 \cdot 2H_2O}$$

La réaction est très rapide, mais il faut attendre de cinq à huit heures avant de filtrer pour obtenir une bonne cristallisation.

On se sert de filtres à vide à tambour rotatif avec bain intérieur ou extérieur, et de filtres à bascule; c'est ce dernier genre de filtre qui a été installé dans la plupart des usines de construction récente. À la figure 2, on présente le schéma de principe de la fabrication de l'acide phosphorique par voie humide.

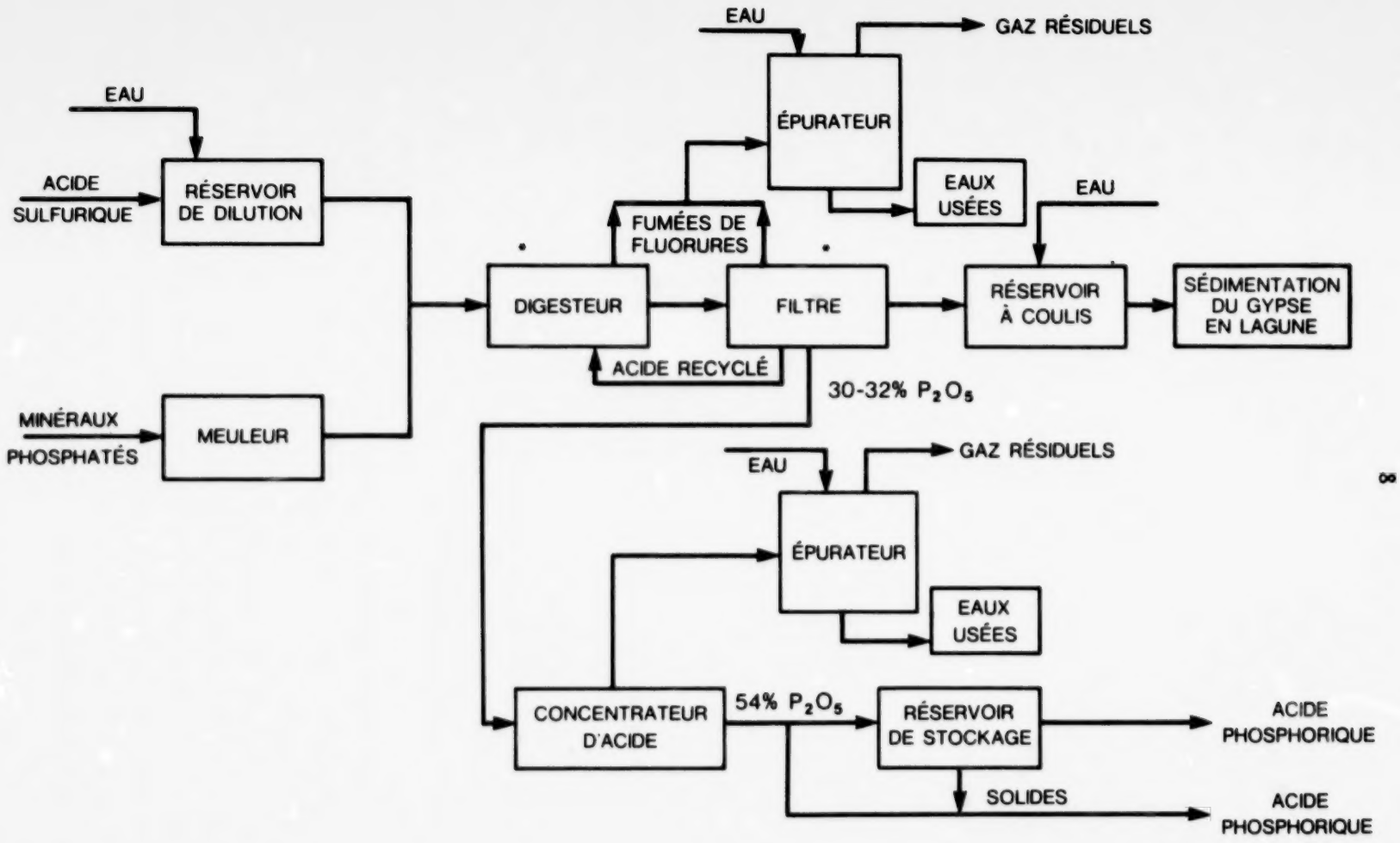
Le réacteur (digesteur) et le filtre sont des sources possibles d'émission de phosphore dans l'atmosphère et, comme mesure préventive, on utilise généralement un laveur ordinaire. On a déterminé qu'en moyenne, pour chaque tonne d'acide phosphorique, il y avait émission de $1{,}16 \times 10^{-3}$ tonne de phosphore (23); connaissant la production totale (8,26), on a estimé à 688 tonnes les émissions de phosphore en 1978. Ces émissions sont principalement sous forme d'acide phosphorique (H_3PO_4) et de phosphate de calcium ($Ca_3(PO_4)_2$).

2.2.2 **Fabrication des engrais phosphatés.** La méthode consiste à décomposer les roches phosphatées au moyen d'un acide minéral fort.

On obtient du superphosphate simple (16 à 22 p. 100 en P_2O_5) en acidifiant la roche phosphatée avec de l'acide sulfurique. Ce procédé comporte trois étapes principales: l'acide et les roches sont mélangés et déversés dans une cave de mûrissement où on les laisse séjourner assez longtemps pour que la boue se solidifie et devienne poreuse. On met cette boue de côté pour que l'acidification soit complète et, d'ordinaire, le produit final est granulé et séché.

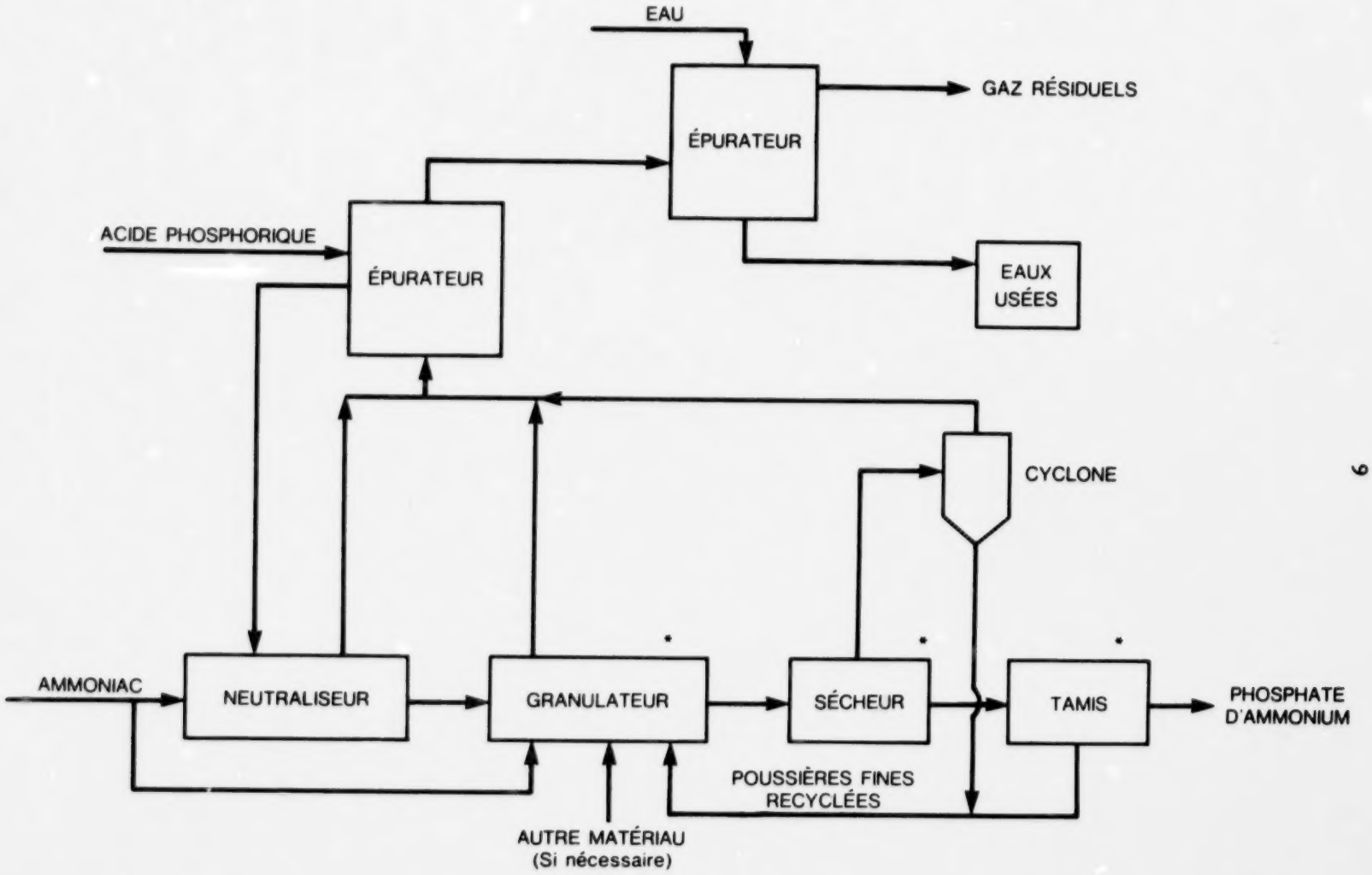
Le superphosphate triple (44 à 52 p. 100 en P_2O_5) est fabriqué de la même façon, mais l'acide phosphorique remplace l'acide sulfurique.

On obtient les phosphates d'ammonium à partir de l'acide phosphorique, par ammonisation partielle ou neutralisation dans des conditions bien définies. Le produit est séché et refroidi avant d'être tamisé. À la figure 3, on présente le schéma de principe de la fabrication du phosphate d'ammonium.



• SOURCES PRINCIPALES D'ÉMISSIONS DE PHOSPHORE

FIGURE 2 SCHÉMA DE LA FABRICATION DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE PAR VOIE HUMIDE (6)



*PRINCIPALES SOURCES D'ÉMISSIONS DE PHOSPHORE

FIGURE 3 SCHÉMA DE LA FABRICATION DU PHOSPHATE D'AMMONIUM (6).

La granulation, le séchage, le refroidissement et le tamisage sont les principales opérations qui entraînent des émissions de phosphore. Pour les trois premières opérations, ces émissions sont réduites de 95 à 99 p. 100 (6) à l'aide de laveurs et de filtres à manches.

On a calculé un facteur d'émission de phosphore, après épuration, de 0,30 x 10^{-3} tonne par tonne de phosphate d'ammonium fabriqué. On suppose que ce facteur vaut aussi pour les superphosphates, étant donné que les opérations sont les mêmes. Connaissant la production totale et le facteur d'émission (10), on estime à 488 tonnes la quantité de phosphore rejetée en 1978 au cours de fabrication des engrais phosphatés.

2.2.3 Transformation des roches phosphatées. Ces roches servent à fabriquer les superphosphates simple et triple ainsi que l'acide phosphorique et le phosphore élémentaire. Leur utilisation au Canada dépend entièrement de l'importation, ce qui élimine les émissions qu'entraînerait leur extraction. Dans la plupart des usines de fabrication d'engrais et de phosphore élémentaire, on broie ces roches assez finement pour qu'elles puissent être facilement attaquées par l'acide, ce qui a pour effet de libérer une quantité importante de fines poussières.

Après avoir été broyées, les roches sont stockées pour être ensuite transportées au réacteur. La poussière qui se dégage lors du broyage et de la manutention est généralement bien captée par mesure d'économie et de propreté. Habituellement, on capte d'abord les particules les plus grosses à l'aide d'un cyclone; ensuite, on emploie des filtres à manches. Ces derniers sont presque universellement utilisés, et leur efficacité dépasse 99 p. 100.

Étant donné que les roches phosphatées contiennent en moyenne 13,8 p. 100 de phosphore, si l'on prend un facteur d'émission de particules de 1,4 x 10^{-4} tonne par tonne de roche phosphatée, on arrive à un facteur d'émission de phosphore de 1,93 x 10^{-5} tonne par tonne de roche phosphatée traitée. Connaissant la production totale, on a estimé à 58 tonnes la quantité de phosphore rejetée en 1978, sous forme de phosphate de calcium de pentoxyde de phosphore et de poussière de roche phosphatée.

2.2.4 Préparation du phosphore élémentaire. Il y a deux opérations principales: la préparation de la charge et la fusion de la roche phosphatée.

La roche est finement broyée, mouillée et mise en boulettes. Les boulettes sont grillées dans un four spécial, puis refroidies et stockées. Le reste de la charge, le coke et la silice, est seulement nettoyé et séché.

On obtient le phosphore à l'état élémentaire par fusion des boulettes avec le coke et la silice dans un four électrique. On coule à intervalles réguliers le laitier qui est formé de silicate de calcium et de ferro-phosphore. On condense les vapeurs de phosphore puis on les recueille sous l'eau; quant au monoxyde de carbone, on le brûle, ou il sert de combustible pour préparer la charge du four. À la figure 4, on présente le schéma de principe de la préparation du phosphore élémentaire.

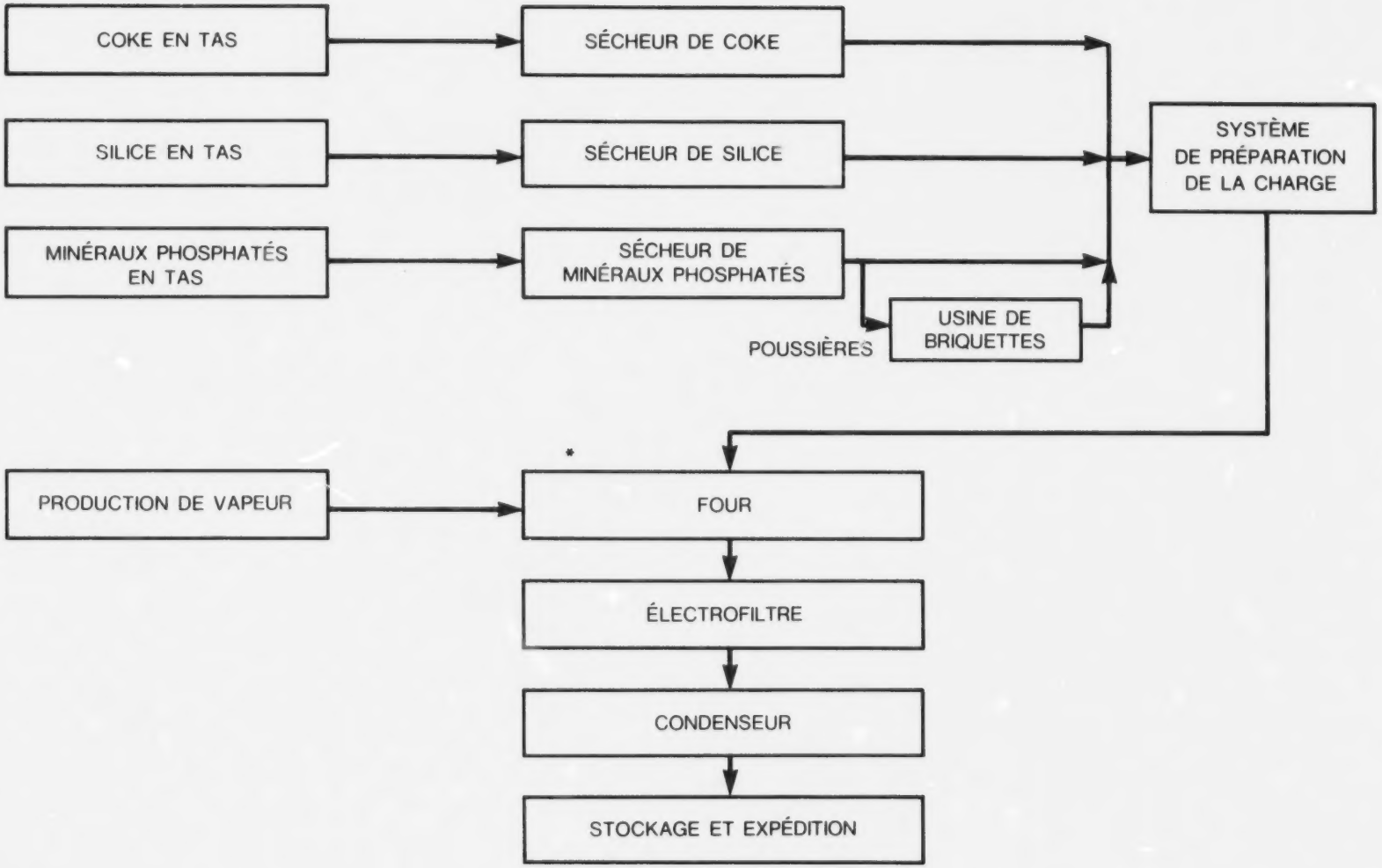
À l'étape de la préparation de la charge, les gaz émis par le bouletage est une source d'émissions particulaires. Le séchage du coke et de la silice, le tamisage du coke et les opérations de transport ainsi que le dosage des matières de la charge peuvent aussi donner lieu à des émissions de ce genre.

Les deux usines qui fabriquent du phosphore élémentaire (une d'elles fait des boulettes pour les deux) possèdent certaines installations destinées à réduire la pollution atmosphérique: des cyclones pour le séchage de la silice et du coke, un laveur et un filtre à manches pour l'usine de bouletage.

Les gaz du four électrique, contenant de la vapeur de phosphore, du monoxyde de carbone et de la poussière, constituent la source principale d'émissions de phosphore. Dans l'une des usines, ils passent dans un electrofiltre ou un autre genre de dépoussiéreur tandis que dans l'autre, ils ne sont pas dépoussiérés.

Pour chacune de ces usines, on a calculé le facteur d'émission de phosphore et, connaissant aussi la production de chacune (2), on a estimé à 682 tonnes la quantité de phosphore rejetée lors de la préparation du phosphore élémentaire. Ces émissions sont sous forme de pentoxyde de phosphore, de phosphate de calcium et d'acide phosphorique.

2.2.5 Industrie chimique. Dans ce secteur, il existe une grande variété de procédés, de matières premières et de produits. On peut mentionner la fabrication des hydrocarbures chlorés, du sulfure de carbone, des esters des acides gras, du polystyrène, des explosifs, des insecticides, des adhésifs, des polis etc. Les réponses à des questionnaires ont fourni des données sur les émissions et, lorsque les renseignements étaient insuffisants, on a fait une estimation fondée sur la consommation de composés du phosphore par les fabricants de ces produits et d'autres industries connexes (12), le pourcentage de phosphore de chaque composé et un facteur probable d'émission particulaire de 1×10^{-3} tonne par tonne de matières manipulées. On a estimé à 19 tonnes les émissions de phosphore en 1976 et, faute de meilleurs renseignements, on a attribué la même valeur aux émissions en 1978.



* PRINCIPALES SOURCES D'ÉMISSIONS DE PHOSPHORE

FIGURE 4 SCHÉMA DE LA PRODUCTION DE PHOSPHORE ÉLÉMENTAIRE

2.2.6 Aluminium de première fusion. On attaque la bauxite à l'alcali, on précipite, on filtre et on calcine pour obtenir de l'alumine; on prépare du fluorure d'aluminium à partir de la fluorine, et l'électrolyse de ces deux produits donne de l'aluminium. La cuve d'électrolyse est une source importante d'émissions. Il se dégage aussi du phosphore lorsqu'on calcine le coke pour fabriquer les électrodes de carbone. D'après les données recueillies en réponse à des questionnaires, on a calculé que, pour chaque tonne d'aluminium, il y avait une émission épurée de $28{,}7 \times 10^{-6}$ tonne de phosphore et que, compte tenu de la production, 30 tonnes de phosphore avaient été rejetées en 1978, sous forme de pentoxyde de phosphore.

2.2.7 Sources industrielles diverses. On a étudié un certain nombre de procédés industriels pour déterminer dans quelle mesure ils contribuaient à la pollution anthropique par le phosphore: l'exploitation minière du fer et de l'uranium, la fabrication du coke métallurgique, le fer et l'acier de première fusion, les ferro-alliages, les fonderies de métaux ferreux, le moulage de pièces en métaux non ferreux, les pigments inorganiques, les détergents et les agents nettoyants, ainsi que le ciment.

Aucun de ces procédés ne contribue de façon importante aux émissions de phosphore, comme l'indique le tableau 3.

TABLEAU 3 ÉMISSIONS DE PHOSPHORE PROVENANT DE DIVERSES SOURCES INDUSTRIELLES EN 1978

Source	Émissions de phosphore (kg)	
Exploitation des minerais de fer, broyage et concentration	724	
Exploitation des minerais d'uranium	70	
Fabrication du coke métallurgique	443	
Fer et acier de première fusion	2 053	
Ferro-alliages*	1 375	
Fonderies de ferreux	2 411	
Moulage de pièces en métaux non ferreux	39	
Pigments inorganiques	1 726	
Détergents et agents nettoyants	5 600	
Ciments	629	
Total	15 070	≈ 15 tonnes

* Opérations de broyage et d'emballage seulement

2.3 Émissions dues à la combustion - Sources fixes

On peut classer les sources fixes d'émissions en quatre catégories: production d'énergie, usage domestique, usage commercial et usage industriel. Les principaux types de combustibles utilisés sont le gaz (gaz naturel, propane et butane), les huiles diesel, les huiles lourdes et légères et le charbon. Seul le gaz ne contient pas de phosphore.

Les renseignements portant sur la consommation de combustibles pour usage domestique, commercial et industriel ainsi que pour la production d'électricité ont été tirés d'une publication de Statistique Canada (13).

On a fait une estimation des émissions en se fondant sur la teneur en phosphore des combustibles. Les valeurs du contenu en phosphore des combustibles proviennent des publications (14,15,16,17), de réponses à des questionnaires et d'un rapport (18) de l'Association pétrolière pour la conservation de l'environnement (PACE). On a ensuite choisi la valeur la plus représentative pour chacun des combustibles (voir le tableau 4).

TABLEAU 4 TENEUR EN PHOSPHORE DES COMBUSTIBLES

Combustible	Teneur en phosphore (ppm)
Huile diesel	2,64
Huile légère	2,64
Huile lourde	0,002
Charbon	70*

* Selon le type de charbon, la teneur variait entre 10 et 350 ppm

De façon générale, pour ce qui est de la combustion de l'huile, on suppose que la réduction des émissions est presque nulle. En ce qui concerne le charbon, on considère que cette réduction est efficace à 90 p. 100, sauf en Ontario et en Alberta où elle est plus élevée (plus de 99 p. 100). D'après les réponses à des questionnaires, les valeurs pour ces émissions ont été corrigées en les multipliant par un facteur de 2,5 à cause de la volatilité du phosphore, ce qui concorde bien avec les données publiées (14,15,16,17). Pour calculer les émissions, on a utilisé les facteurs indiqués au tableau 5.

En se fondant sur la consommation de combustible en 1978, on a déterminé les émissions de phosphore selon le domaine d'utilisation: usage domestique, 26 tonnes; usage

TABLEAU 5 FACTEURS D'ÉMISSION DE PHOSPHORE POUR LES COMBUSTIBLES

Type de combustible	Facteur d'émission (10^6 tonne/tonne de carburant)
Huile diesel	2,64
Huile légère	2,64
Huile lourde	0,002
Charbon*	1,75 (pour l'Ontario et l'Alberta) 17,5 (pour le reste du Canada)

* On a tenu compte d'une réduction des émissions efficace à 90 ou 99 p. 100.

commercial, 9 tonnes; usage industriel, 37 tonnes; et production d'énergie, 127 tonnes. Au total, les émissions provenant de sources fixes s'élevaient à 199 tonnes en 1978. Au tableau 6, on présente la répartition de ces émissions par type de combustible. Ces émissions étaient principalement sous forme d'oxydes (P_2O_3, P_2O_5, etc.) qui réagissent en présence d'eau pour former d'autres composés phosphorés (par ex. H_3PO_4).

TABLEAU 6 ÉMISSIONS DE PHOSPHORE DUES À LA COMBUSTION (SOURCES FIXES), SELON LE TYPE DE COMBUSTIBLE ET LE DOMAINE D'UTILISATION EN 1978

Type de Combustible	Usage domestique	Usage Commercial	Usage Industriel	Production d'énergie	Total
Huile diesel	-	1	6	< 1	7
Huile légère	24	8	3	< 1	35
Huile lourde	N	N	N	N	N
Charbon	2	-	28	127	157
Total	26	9	37	127	199

N: négligeable

2.4 Émissions dues aux moyens de transport

Par moyens de transport, on entend: les véhicules mus par un moteur à essence ou un moteur Diesel, les chemins de fer, le transport par eau et par air, et les véhicules terrestres qui ne servent pas sur les routes.

Pour évaluer la consommation de combustible, on a consulté diverses publications de Statistique Canada (13,19) et on s'est servi de données internes. On a fait une estimation des émissions d'après la teneur en phosphore des combustibles. À partir des valeurs données dans les publications (14,15,16,20) et des réponses à des questionnaires ainsi que d'un rapport de l'Association pétrolière pour la conservation de l'environnement (18), on a déterminé quelle était la teneur en phosphore la plus représentative pour chaque combustible (voir le tableau 7).

TABLEAU 7 TENEUR EN PHOSPHORE DES COMBUSTIBLES SERVANT AU TRANSPORT

Combustible	Teneur en phosphore (ppm)
Essence à moteur	0,07
Carburant d'aviation	Inférieure à la limite de détection
Huile Diesel	2,64
Huile légère	2,64
Huile lourde	0,002

Pour l'année 1978, on a estimé a 15 tonnes les émissions de phosphore dues aux moyens de transport. Au tableau 8, on présente le détail de ces émissions qui peuvent être sous forme de composés phosphorés organiques ou d'oxyde.

2.5 Émissions dues à l'incinération des déchets solides

2.5.1 Incinération des déchets urbains. Les incinérateurs municipaux peuvent normalement traiter plus de 50 tonnes d'ordures par jour et sont ordinairement pourvus d'un dispositif de chargement automatique ainsi que de commandes pour la température. L'incinérateur le plus en usage dans les municipalités consiste en une chambre à parois réfractaires munie d'une grille sur laquelle on brûle les ordures. Habituellement, il est alimenté de façon discontinue. Dans quelques incinérateurs de conception récente, on utilise des fours à écran d'eau. Quelques incinérateurs à fosse sont aussi en service.

Dans les installations à charge discontinue, il y a, après le chargement, émission considérable de particules non brûlées; dans celles à charge continue, l'intensité des émissions particulaires du four dépend surtout du genre de grille utilisée. Le phosphore est un des éléments que l'on trouve habituellement dans ces émissions particulaires.

TABLEAU 8 ÉMISSIONS DE PHOSPHORE DUES AUX MOYENS DE TRANSPORT EN 1978

Sources	Émissions de phosphore (en tonnes)
Véhicules mus par un moteur à essence	20
Chemins de fer	4
Transport par eau	N*
Transport aérien	-
Véhicules à moteur Diesel	9
Machines à essence (usage non routier)	<1
Total	15

*N: négligeable

On a employé différents moyens pour réduire les émissions particulaires des incinérateurs municipaux. Les plus courants étaient l'arrosage d'eau (efficace à 45 p. 100), les chambres de sédimentation ou les électrofiltres pour les installations récentes efficaces à 95 p. 100. La plupart du temps, les incinérateurs à fosse ne possédaient pas d'équipement de ce genre.

Une seule usine d'incinération a fourni des données précises sur ses émissions de phosphore. Pour ce qui est des autres usines faisant l'objet du présent rapport, on a utilisé un facteur d'émission de $6{,}0 \times 10^{-5}$ tonne par tonne d'ordures brûlées (21). Pour 1978, on a estimé à 65 tonnes les émissions totales de phosphore sous forme de phosphates ou d'oxydes en provenance des incinérateurs de déchets urbains municipaux.

2.5.2 Incinération des boues résiduaires. Ces boues se forment au cours du processus d'épuration des eaux d'égout. Bien qu'il existe plusieurs façons de traiter et d'éliminer ces boues, six municipalités canadiennes procédaient par incinération en 1978. Les renseignements obtenus sur les quantités de boues incinérées proviennent de documents internes.

La technique de l'incinération consiste à assécher les boues avant de les brûler et de porter leur température au point d'inflammation. Il peut être nécessaire d'utiliser de l'air et un combustible auxiliaire pour faciliter et maintenir la combustion. On refroidit les cendres inorganiques qui restent et on s'en débarrasse. Dans trois des municipalités qui procédaient à l'incinération, on employait des fours à soles multiples; dans les autres, on se servait d'incinérateurs à lit fluidisé.

En employant un facteur d'émission épurée provenant d'une publication (22) et connaissant la concentration en phosphore des particules de boues (23), on en est arrivé à un facteur d'émission de phosphore, après épuration, de 75×10^{-6} tonne par tonne de boues sèches. On a estimé à 5 tonnes les émissions de phosphore dues à l'incinération des boues résiduaires en 1978.

2.5.3 Incinération industrielle et commerciale. On a déterminé la quantité de déchets brûlés dans les incinérateurs industriels et commerciaux en se servant de données internes. En utilisant un facteur d'émission non épurée de phosphore de $6{,}0 \times 10^{-5}$ tonne par tonne de déchets brûlés (21), on a estimé à 36 tonnes la quantité de phosphore émise en 1978 par les incinérateurs industriels et commerciaux dont on connaissait l'existence.

2.5.4 Les brûleurs coniques. On a déterminé la quantité d'émissions particulaires dues à ces brûleurs en se servant de données internes. Quelques rares analyses effectuées au Canada indiquent que les cendres volantes contiennent 550 ppm de phosphore (24). À l'aide de ces renseignements, on a estimé à 17 tonnes les émissions de phosphore dues à ces brûleurs en 1978.

2.6 Émissions provenant de sources diverses

2.6.1 Feux de forêt. On a déterminé la quantité d'émissions particulaires dues aux feux de forêt en se servant de données internes. À défaut de meilleurs renseignements, on a supposé que le contenu en phosphore de ces émissions était le même que celui des cendres volantes des brûleurs coniques, soit 550 ppm (24), et on a donc estimé à 255 tonnes les émissions de phosphore dues aux feux de forêt en 1978.

2.6.2 Brûlage des rémanents. On a déterminé les émissions particulaires résultant de cette opération en se servant de données internes. On a supposé que le contenu en phosphore de ces émissions était le même que celui des cendres volantes des brûleurs coniques, soit 550 ppm (18), et on a donc estimé à 47 tonnes les émissions de phosphore résultant de cette opération.

2.6.3 Incendies. Ils sont une source possible d'émissions de phosphore, mais comme on ne possède pas de renseignements sur les quantités de peinture, de caoutchouc et de plastique de vinyle qui peuvent brûler au cours des incendies, ni sur leur teneur en phosphore, on ne peut faire aucune estimation.

2.6.4 Épandage des engrais. L'utilisation des engrais comprend la manutention, en sacs ou en vrac, et l'épandage. On les emploie quelquefois sous forme liquide, mais

d'ordinaire sous forme de granules de composition variée. La plupart du temps, ces granules ont un diamètre compris entre 1 et 4 mm. Lors de l'épandage, un grand nombre de particules plus fines, y compris celles résultant de l'abrasion, pénètrent dans l'atmosphère.

En supposant que le facteur d'émission globale de phosphore est de $9{,}81 \times 10^{-4}$ tonne par tonne d'engrais manutentionné et épandu (3), et connaissant la consommation d'engrais phosphatés (25), on a estimé à 783 tonnes, dont la plus grande partie venait de l'épandage, les émissions de phosphore dues à ces opérations en 1978. Ces émissions se présentent évidemment sous forme de phosphates.

RÉFÉRENCES

1. Mineral Bulletin Mr 160: Phosphate. Mineral Policy Series (July 1976), Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa.

2. Barry, G.S., "Phosphate", Preprint (1978). Canadian Minerals Year Book. Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa.

3. National Emissions Inventory of Sources and Emissions of Phosphorus. GCA Corporation for U.S. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards (May 1973).

4. Metals Handbook, Vol. 1, 8th Edition (1964). American Society for Metals, Metals Park, Ohio.

5. Encyclopaedia of Chemical Technology - Vol. 15, 2nd Edition (1968). Edited by R.E. Kirk and D.F. Othmer. John Wiley and Sons, Inc., New York.

6. Environnement Canada, "Air Pollution Emissions and Control Technologies -Nitrogen and Phosphate Fertilizers Industries". APCD Internal Report (Feb. 1980).

7. Bertine, K.K. et Goldberg, E.O., "Fossil Fuel Combustion and the Major Sedimentary Cycle", Science, page 233 ff (July 16, 1971).

8. Direction générale de l'assainissement de l'air, "Inventaire national des sources et des émissions de vanadium (1972)". Rapport interne APCD 75-3 (sept. 1975).

9. Environnement Canada, Direction générale de l'assainissement de l'air, Inventaire national des émissions de polluants atmosphériques (1976), Rapport EPS 3-AP-80-1F, 1980.

10. Statistique Canada, "Certains produits chimiques" (déc. 1978), Publ. n° 46-002.

11. Ministry of Environment of British Columbia.

12. Statistique Canada, "Fabricants de produits chimiques divers, 1976", Publication n° 46-216.

13. Statistique Canada, "Disponibilité et écoulement d'énergie au Canada, 1978-IV", Publication n° 57-003.

14. Von Lehmden, D.J. et al., "Determination of Trace Elements in Coal, Fly Ash, Fuel Oil and Gasoline", Analytical Chemistry, 46(2), paper 239 ff (Feb. 1974).

15. United States Environmental Protection Agency, "Occurrence and Distribution of Potentially Volatile Trace Elements in Coal" EPS-650/2-74-054, (July 1974).

16. Lim, M.Y., "Trace Elements from Coal Combustion - Atmospheric Emissions" IEA Coal Research (May 1979).

17. Trace Elements in Coal Occurrence and Distribution. Illinois State Geological Survey for EPA (June 1977).

18. Petroleum Association for Conservation of the Canadian Environment (PACE). "Determination of Trace Elements in Canadian Petroleum Feedstock and Products", PACE Report No. 77-5 (Aug. 1977).

19. Statistique Canada, "Véhicules automobiles: ventes de carburants, 1978", Publication n° 53-218.

20. Fordyce, J.S. et Sherbley, D.W. "Estimate of Contribution of Jet Aircraft Operations to Trace Element Concentration at or near Imports", Journal of Air Pollution Control Association, 25(7), page 721 ff (July 1975).

21. Funkhousen, J.T., et al., Manual Methods for Sampling and Analysis of Particulate Emissions from Municipal Incinerators, Arthur D. Little, Inc. (Sept. 1973).

22. Compilation of Air Pollutant Emission Factors - Report AP-42 (March 1975), U.S. EPA Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle, North Carolina.

23. Sewage Sludge Incinerator, U.S. EPA Task Force on Sewage Sludge Incineration, (Aug. 1972).

24. "Trace Metals in Fly Ash from Hog Fuel Fired Power Boilers'" B.H. Levelton Assoc. Ltd., Vancouver, (Nov. 1977).

25. National Retail Sales Report (1978-1979), Canadian Fertilizer Institute.

BIBLIOGRAPHIE

Athanassiadis, Y., Preliminary Air Pollution Survey of Phosphorus and Its Compounds. A Literature Review. U.S. Dept. of Health, Education and Welfare (Oct. 1969).

Katari, V., et al., Trace Pollutant Emissions from the Processing of Non-Metallic Ores. U.S. EPA, Office of Research and Development (Nov. 1974).

Sittig, M., Phosphorus Compounds. Environmental Sources and Emissions Handbook. Environmental Technology Handbook, No. 2. Noyes Data Corporation (1975).

Stowasser, W.F., Phosphate Rock. Preprint (1975). U.S. Bureau of Mines.

POOR

QUALITY

ORIGINAL